



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт машиностроения  
(институт)  
«Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»  
(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ  
Зав.кафедрой  
Ельцов.В.В. \_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия) (подпись)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение бакалаврской работы**

Студент Козлов Никита Вячеславович

1. Тема: Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали «Пластина закладная облицовки двери автомобиля».
2. Срок сдачи студентом законченного проекта: июнь 2017
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: Чертеж детали, базовый вариант технологического процесса, программа изготовления детали.
4. Содержание пояснительной записки: 1. анализ технологических показателей исходных данных; 2. разработка технологического процесса изготовления детали; 3. выбор оборудования, средств автоматизации; 4. разработка конструкции штамповой оснастки; 5. применение САЕ технологий для анализа технологичности детали; 6. безопасность и экологичность проекта; 7. экономическая часть.
5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала: сравнительная технология, комплекс оборудования, штамп- разрезы, планы
6. Консультанты по разделам 1.Безопасность и экологичность технического объекта (И.В. Дерябин) 2.Экономическая часть (И.В. Краснопевцева)  
3.Нормаконтроль (В.Г. Виткалов)
7. Дата выдачи задания « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017г.

Заказчик (*указывается  
должность, место работы, ученая  
степень, ученое звание*) \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

Руководитель выпускной  
квалификационной работы \_\_\_\_\_  
(подпись)

Е.Л. Смолин  
\_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_  
(подпись)

Н.В. Козлов  
\_\_\_\_\_ (И.О. Фамилия)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тольяттинский государственный университет»

(институт, факультет)

(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Студент Козлов Никита Вячеславович

по теме «Разработка технологического процесса и штамповой оснастки для изготовления детали пластина закладная облицовки двери автомобиля»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
1. Исследование показателей начальных данных	07.05.17	09.05.17	выполнено	
2. Технологическая часть	09.05.17	11.05.17	выполнено	
3. Выбор оборудования и средств механизации или автоматизации	13.05.17	16.05.17	выполнено	
4. Конструкторская часть	17.05.17	20.05.17	выполнено	
5. Исследовательская часть	21.05.17	25.05.17	выполнено	
6. Безопасность жизнедеятельности	27.05.17	30.05.17	выполнено	
7. Экономическая часть	01.06.17	04.06.17	выполнено	
8. Подготовка чертежей по технологии	06.06.17	11.06.17	выполнено	
9. Подготовка чертежей оснастки	13.06.17	17.06.17	выполнено	
10. Подготовка к защите	20.06.17	29.06.17	выполнено	

Руководитель выпускной  
квалификационной работы

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Е.Л. Смолин

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Н.В. Козлов

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

## Abstract

The theme of this graduation work is the technological process development for the "the lining plate of the car door" part manufacture.

This graduation work consists of an explanatory note on \_\_83\_\_ pages, including a list of 20 references, 5 foreign sources among others, and \_3\_ applications, as well as a graphic part on 6 A1 sheets.

The key problem of the graduation work is the transition to the automatic line and the reduction of the materials consumption by changing the position of the blank on the sheet. Much attention is paid to the transition to the automatic operation of the KD-2328 press.

Due to the growing popularity of the automation introduction in the workflow, transfer to an automatic line has become a key issue in this graduation work.

Since, from the economic point of view, the change of equipment will entail great losses for the enterprise, so it is necessary to try to reduce the cost of the product.

Since this part of the stabilizer is crucial, it is not possible to replace the material or change the workpiece parameters. The only solution is to reduce the distance between the blanks on the tape. Consequently, due to the transition to the automatic line and relatively small material savings, the productivity increases. This can compensate for the replacement of tools and press.

It can be concluded that the combination of the above two factors will bring profit and increase productivity

## Аннотация

Тема этой ВКР является «проектирование и разработка технологического процесса изготовления детали пластина закладная облицовки двери автомобиля».

Самый важный фактор в данной ВКР – это переход на автоматизированную линию, уменьшение количества используемого материала за счет изменения расположения детали на листе металла.

В разделе технологичности детали была произведена проверка изделия на параметры технологичности, определены энергосиловые показатели по проведенным операциям. Для выполнения необходимых операций в соответствии с техническими характеристиками был осуществлен подбор технологического оборудования. На основе штамповой оснастки установлены исполнительные размеры элементов штампа. С целью безопасного и эффективного труда в ВКР перечислены производственные условия для работников. Для существующего и усовершенствованного проекта в разделе экономики подсчитаны себестоимость изготовления детали «Пластина закладная облицовки двери автомобиля», а так же объем финансового вклада в производство.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на <86> страниц, а так же графической части из 6 листов на формате А1.

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАЧАЛЬНЫХ ДАННЫХ.....	10
1.1. Проверка детали на её технологичность .....	10
1.2. Исследование имеющейся технологии производства детали .....	15
1.3. Исследование критерий недостатков имеющейся технологии .....	15
1.4. План ВКР.....	16
2. ПРОЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛИ.....	17
2.1. Описание проектного технологического процесса.....	18
2.2. Расчет параметров заготовки.....	20
2.3. Планирование оптимального раскроя и определение КИМ .....	21
2.4. Вычисление ЭСП штамповки.....	23
3. ТИП ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ .....	28
3.1. Определение типоразмера и главные технические свойства.....	29
3.2. Система автоматизации и главные свойства .....	31
3.3. Принцип работы автоматической линии.....	37
4. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	38
4.1. Структура и принцип работы штампового оборудования .....	40
4.2. Материал изделия штампа и расчет на прочность .....	41
4.3. Вычисление количества и распределения упругих элементов .....	43
4.4. Нахождение центра давления штампового оборудования.....	43
4.5. Вычисление исполнительных размеров инструмента .....	45
.....	46
5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САД/САМ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ШТАМПОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	47
5.1. CAE-анализ в ПО «LS-DYNA».....	48
5.2. Описание процесса гибки.....	50
5.3. Моделирование процесса гибки в LS-DYNA.....	55
6. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА.....	63
6.1. Технологическая характеристика объекта .....	63

6.2. Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков .....	63
6.3. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков .....	64
6.4. Обеспечение пожарной безопасности технического объекта .....	66
6.5. Обеспечение экологической безопасности технического объекта .....	69
7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	71
7.1. Сравнительный анализ технологических вариантов .....	71
7.2. Определение необходимого числа оборудования, коэффициента его загрузки, численность рабочих-операторов и необходимое число штамповой оснастки.....	72
7.3. Расчет капитальных вложений .....	75
7.4. Расчет себестоимости продукции по сравниваемым вариантам .....	76
7.5. Расчет показателей экономической эффективности проектного варианта	78
Таблица 7.7 – Экономическая эффективность .....	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	81
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	83

## ВВЕДЕНИЕ

Штамповка в ОМД производится с помощью различных штампов на прессах. Процесс штамповки может производиться из объемной заготовки (катаного, тянутого, прессованного прутка или толстой полосы) и из листовой заготовки (листового материала).

Штамповка из объемной заготовки называется объемной штамповкой. Штамповка из листовой заготовки называется листовой штамповкой. Процесс штамповки разделяют на тонколистовую ( $s < 4\text{мм}$ ) и толстолистовую.

Процесс изготовления деталей разных по назначению, форме и размерам из листовой или объемной заготовки в холодном состоянии называют – холодной штамповкой.

В далеком прошлом, еще в древней Руси железо обрабатывалось с помощью кузнечной обработки. Ученые из СССР, в результате археологических исследований определили, что на некоторых территориях Древней Руси народ был знаком с обработкой железа около 3300-3400 лет тому назад.

Основное развитие в нашей стране листовая штамповка получила в период пятилеток и после Великой Отечественной войны. В настоящее время листовая штамповка нашла широкое применение почти во всех областях металлообработки.

За годы пятилеток и в послевоенный период построены крупнейшие штамповочно-прессовые цехи на первоклассных тракторных и автомобильных заводах.

Такое широкое развитие листовой штамповки объясняется целым рядом ее достоинств. Основные достоинства:

- возможность получения прочных и жестких структур изделий, которые будут иметь небольшую массу, при незначительном расходе материала;



- после получения точных и достаточно однообразных деталей путем листовой штамповки открывается возможность для взаимозаменяемости изделий [5];
- степень производительности изделий идет на увеличение, а цена отштампованных деталей идет на уменьшение;
- возможное применение малоквалифицированной рабочей силы (за исключением установщиков);
- за счет грамотно-выстроенного технологического процесса и безошибочного выбора раскроя материала происходит снижение количества убыли материала;
- способность создания механизированного и автоматизированного процесса штамповки деталей, следовательно производство автоматической линии и участков;
- «рациональное использование материала и относительно незначительный отход» [8].

Механизация, автоматизация процесса листовой штамповки, прогрессивный, а также скоростной метод для штамповки деталей значительно повысил производительность труда в последнее время.

Так же разработаны конструкции штампов и технических средств, позволяющие с успехом применять листовую штамповку не только в массовом и крупносерийном производстве, но и в серийном и мелкосерийном производстве. Все это способствует успешному использованию листовой штамповки во всех областях металлообработки.

Для производства детали «Пластина закладная облицовки двери автомобиля», был придуман техпроцесс и рассчитана не только экономическая составляющая данной ВКР, но и осуществлен анализ безопасной и экологической работы.

**Цель ВКР:** получение максимального снижения себестоимости изготовленной детали за счет введения в производство комплексной автоматизации и механизации процессов листовой штамповки.

# 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАЧАЛЬНЫХ ДАННЫХ

## 1.1. Проверка детали на её технологичность

Комплекс особенностей конструкции с определенными эксплуатационными свойствами, обеспечивающий экономное и элементарное производство изделий, соблюдая все технические нормы называется технологичностью.

К деталям, полученным путем листовой штамповки, предъявляется некий спектр технически-эксплуатационных требований:

- абсолютное соотношение конструкций согласно предназначению и требованиям эксплуатации изделия;
- увеличение прочностных характеристик изделия при наименьшей затрате материала;
- взаимозаменяемость и увеличение точности производимых деталей;
- соответствие специальным физическим, химическим или техническим условиям.

Главные параметры технологичности:

- минимальное потребление использованного материала;
- невысокая трудозатратность на выполнение операций;
- отсутствие дальнейшего мех. воздействия ;
- минимальное число необходимого оснащения (оборудования) и уменьшение производственного участка;
- минимальный объем оборудования при уменьшении расходов и время на изготовление деталей
- наращивание продуктивности некоторых операций и соответственно всего цеха по производству деталей.

Единым эффективным признаком технологичности считается минимальная первоначальная стоимость штампуемых изделий.

Основные технологические требования к конструкции изогнутых листовых деталей:

- при операции гибки металла с небольшим радиусом  $|r \geq 0,5S|$  участок изгиба (линию) следует размещать поперек волокон проката. Если  $|r > S|$  при выполнении этой же операции размещение участка изгиба не имеет значения: важный фактор при этом получить выгодный раскрой металла;
- при завершении гибки, заусенцы должны находиться на внешней стороне перегиба с большим радиусом;
- ребра жесткости штампуют поперек углу изгиба, что позволяет сделать деталь более жесткой и менее упругой;
- если конструкция сборочного узла требует прилегания боковых полок и основания изогнутой скобы (с внутренней стороны) к другим деталям, вместо гибки под острым углом рекомендуется делать гибку с поднутренным закруглением в углах;
- наименьшая высота отгибаемой полки должна быть  $h \geq 3S$ ;
- при гибке деталей, имеющих широкую и узкую часть, радиус изгиба не должен захватывать широкую часть, иначе образуются наплывы. Если по конструктивным соображениям линия изгиба проходит в месте сопряжения этих частей, следует применять вырезы шириной  $b \geq S$ ;

Технологический процесс изготовления детали «Пластина закладная облицовки двери автомобиля» состоит из следующих операций:

Операция 10: С целью получения точных габаритов заготовки путем резания листового материала (Рис.1.1), применяют гильотинные ножницы. Процесс практически не оставляет на срезах вмятин.

Операция 20: производится гибка. После вырезки из листа заготовку с полученными определенными размерами переносят на гибочный штамп. Далее путем четырехугольной гибки мы получаем изогнутую заготовку с заданными радиусами. (Рис.1.2).

Операция 30: производится просечка отверстия. Отверстие с необходимым диаметром в данной работе получают с помощью просекания отверстия с равно заданным межцентровым шагом. (Рис.1.3).

Операция 40: производится развальцовка. Отличное соединение с облицовкой двери автомобиля гарантируется путем расширения кромки металла в просеченном отверстии. (Рис.1.4).

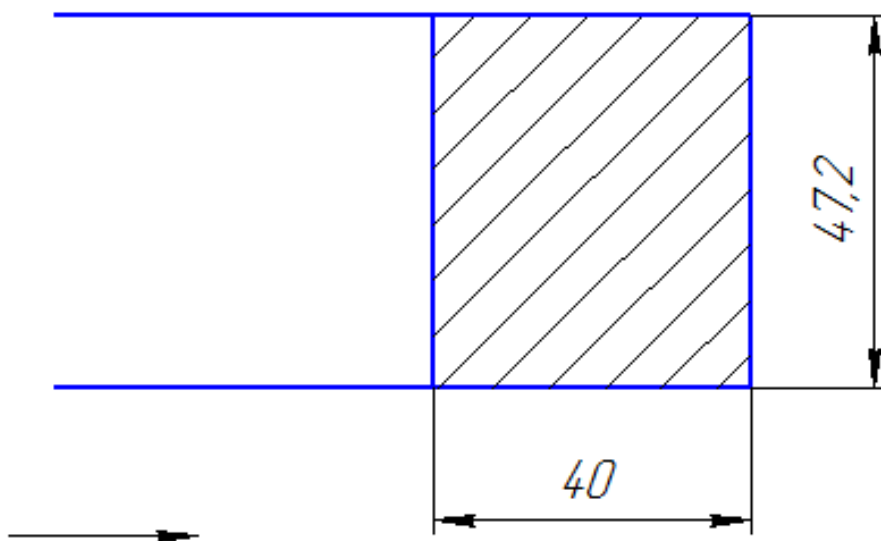


Рисунок 1.1 – Отрезка заготовки

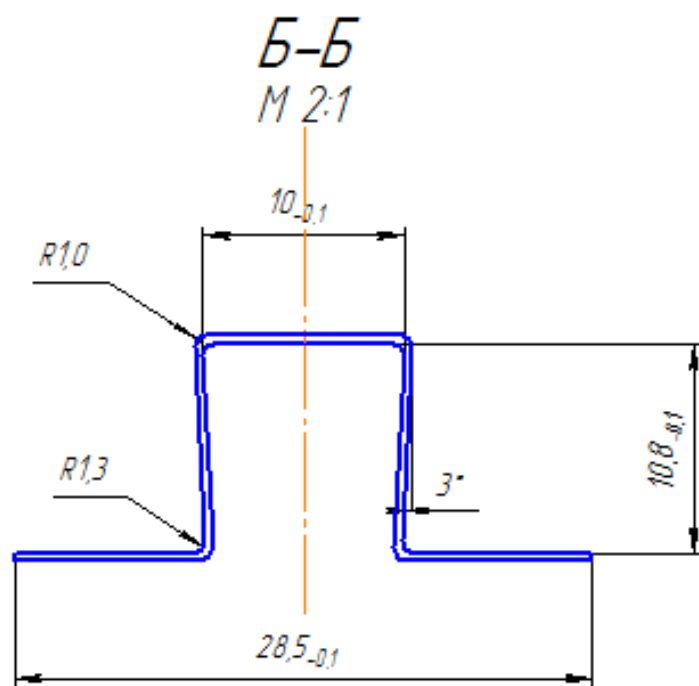
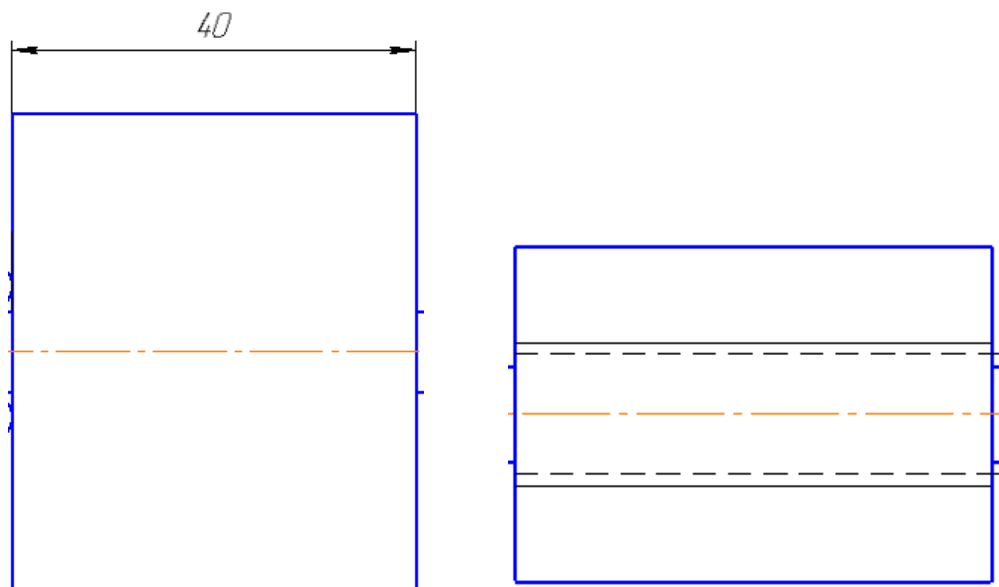


Рисунок 1.2 – Гибка

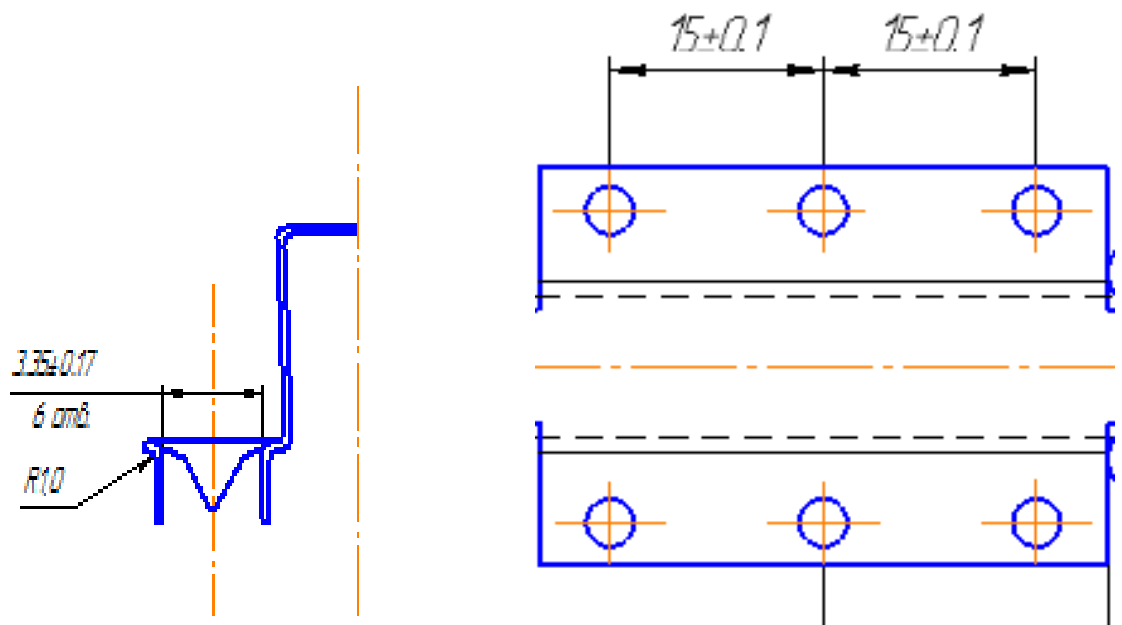


Рисунок 1.3 – Просечка отверстий

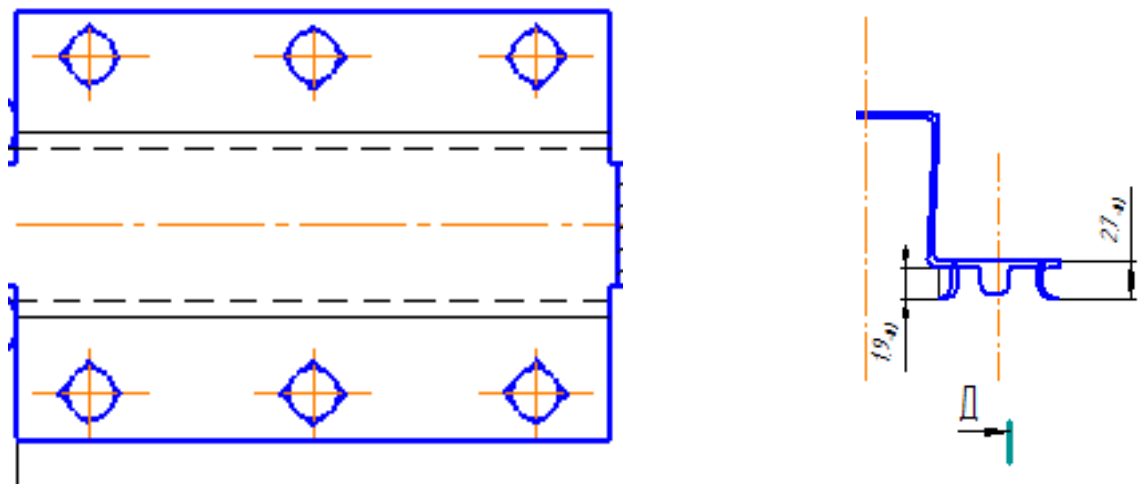


Рисунок 1.4 - Развальцовка

## 1.2. Исследование имеющейся технологии производства детали

В существующем процессе изготовления детали «Пластина закладная облицовки двери автомобиля» выполняется 4 операции. Каждая операция выполнена на отдельном прессе.

Как было указано в пункте (1.1) заготовку с необходимыми размерами (47.2 x 40) получают путем резания листового материала на гильотинных ножницах.

Гибка производится на прессе КД 2322.

Просечка отверстий осуществляется на прессе КД 2324.

Развальцовка отверстий выполняется на прессе КД 2326.

Производительность для каждой операции задается на оборудование.

Для выполнения каждой операции заготовку транспортируют от прессы к прессу и размещают в штамп вручную.

С помощью пневмосдува заготовка удаляется.

## 1.3. Исследование критерий недостатков имеющейся технологии

На существующий технологический процесс производство детали «Пластина закладная облицовки двери автомобиля» указывают целый ряд недостатков:

- большие расходы времени в штамповке на разных прессах, конкретно: перенос заготовки (транспортировка), укладывание ее в штамп;
- большое количество вырезанных из ленты заготовок приходится перемещать на склад, а это необходимость в работе погрузчиков;
- работа множества прессов без вовлечения дополнительных рабочих рук невозможна, поэтому возникает необходимость в найме новых людей;
- постоянная эксплуатация всех прессов сводится к значительным большим энергозатратам;
- большие производственные расходы на содержание в исправном состоянии оборудования, его ремонте, выплат рабочим;

- уменьшение качества получаемых деталей из-за неправильного укладывания заготовки в штамп. Это может повлечь за собой получение брака.

Все вышеуказанные недостатки возможно свести к минимуму или вообще избавиться от них. Разработка нового (усовершенствованного) технологического процесса с помощью его автоматизации позволит решить эту задачу.

#### 1.4. План ВКР

На основании спектра найденных недостатков известного технологического процесса можно выдвинуть следующие задачи:

- усовершенствование технологического процесса;
- назначение оборудования для улучшенного варианта технологического процесса, которое дает возможность для автоматизации;
- разработка структуры конструкции штампового оборудования;
- снижение себестоимости детали за счет автоматизации производства и уменьшения отходов при операциях;
- разработка плана для обеспечения безопасности условий труда в производстве.



## 2. ПРОЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛИ

Спектр причин, который может повлиять на вариацию штамповки, следующий:

- исследование технологии и параметров конструкции детали;
- описание структуры и габаритов заготовки, расход материала при его эффективном использовании;
- проектировка более подходящей технологии изготовления используемых деталей;
- назначение требуемого оборудования и его свойства;
- нахождение технологического плана штампа;
- установление объема работы производимых отштампованных изделий, численность и степень квалификации рабочих участвующих в производстве;
- объем оборудования с учётом годовой программы.

Исходя из вышеизложенных моментов, для индивидуального процесса возможен выбор более подходящего варианта штамповки.

Вид штамповки (холодная, горячая) определяется толщиной и составом материала. В каждом производстве существует определенный план заданий, опираясь на который, выбирают способ штамповки. К примеру, разделительные штампы применяют в серийном производстве; универсальные штампы – в мелкосерийном; совмещенные штампы – в крупносерийном производстве.

В процессе установления способа штамповки выбирают соответствующее оборудование, соблюдая все технические нормы и только потом происходит разработку технологической документации.

Технологические, операционные, упрощенные и карты раскроя для деталей разрабатывают в зависимости от типа производства. Для каждого конкретного используется определенный вид документации.

Например, в крупносерийном производстве применяется полный пакет документов; в мелкосерийном производстве – только маршрутная ведомость; в серийном производстве - упрощенные карты.

## 2.1. Описание проектного технологического процесса

Новый технологический процесс содержит в себе увеличенное количество операций (6) и образование в ленте толщиной 0.8 мм шага, значение которого равно 45. Деталь с материалом сталь 0.8КП штампуется на многопозиционном комплексе КД2328.

Операция 10: производится вырезка пазов детали.

Операция 20: производится гибка предварительная.

Операция 30: производится гибка окончательная.

Операция 40: производится просечка отверстия.

Операция 50: производится развальцовка.

Операция 60: производится разделение.

Оптимизация кадров на производство детали, снижение риска получения травм, сокращение размера участка, в котором расположено оборудование, а также экономия времени и увеличение точностных характеристик штамповки возможно только при автоматизации производства.

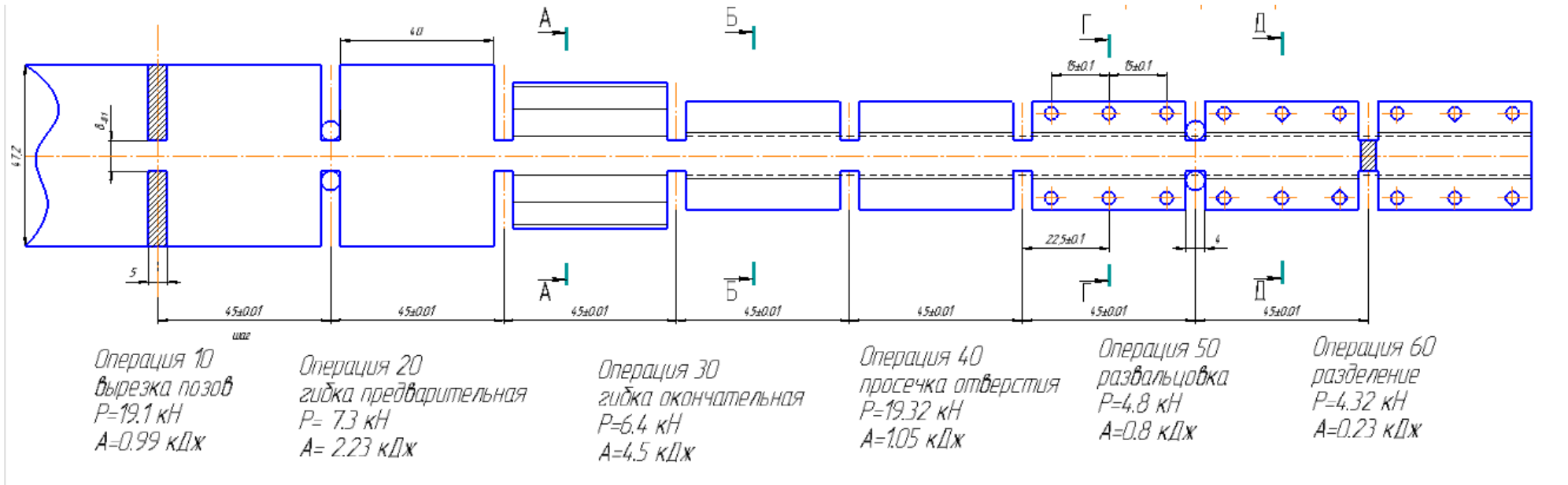


Рисунок 2.1 – Проектный технологический процесс

## 2.2. Расчет параметров заготовки

Для получения величины длины заготовки применяют метод развертки. Смысл его заключается в суммировании длин прямых участков. В середине наружного и внутреннего слоёв расположен нейтральный слой, по которому производится расчет длины прямого участка.

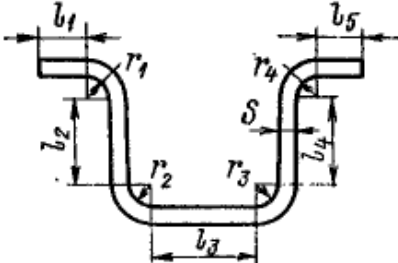
<p>Четырехугольная (за две операции)</p>		$L = l_1 + 2l_2 + l_3 + l_4 +$ $+ 2l_{н1} + 2l_{н2} =$ $= l_1 + 2l_2 + l_3 + l_4 +$ $+ \pi (r_1 + x_1 S) + \pi (r_2 + x_2 S)$
--	---	---

Рисунок 2.1 – Формула для расчета четырехугольной гибки из справочника Романовского В.П.

$$L = l_1 + 2l_2 + l_3 + l_4 + 2l_{н1} + 2l_{н2} = 7.15 + 2 \times 6.7 + 8 + 6.7 + 2 \times 2.11 + 2 \times 2.93 = 47.2[8].$$

где  $L$  – длина заготовки при гибки

$l_1, l_2, l_3, l_4$ , – длина прямых участков

$l_{н1}, l_{н2}$  – длина нейтрального слоя угловых закруглений

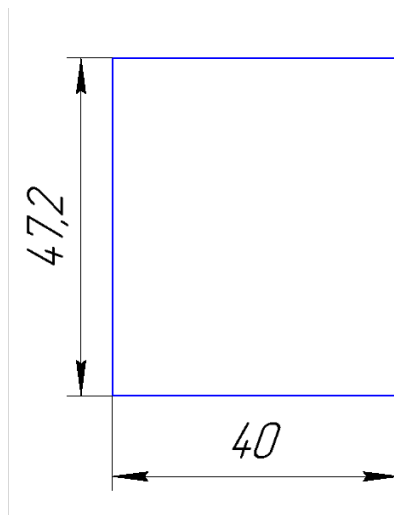


Рисунок 2.2 - Размер исходной заготовки

### 2.3. Планирование оптимального раскроя и определение КИМ

При штамповке деталей следует всячески экономить материал. Отходы, которые образуются после проведения всех операций, необходимо сокращать, так как в результате экономии материала значительно увеличивается выгода и доходы предприятия, а так же численность выпускаемой продукции.

Для экономичного расхода материала при раскрое следует более рационально размещать заготовку на листе металла с учётом наименьшего количества отходов.

Нормы для раскроя листа металла:

1. «Резку заготовок производить по тщательно разработанным раскройным картам, учитывающим наиболее полное использование материала» [8];
2. «При резке крупных заготовок в серийном производстве применять комбинированный раскрой при наилучшем использовании материала и соблюдении комплектности заготовок» [8];
3. «Резку узких полос производить вдоль листа, так как при этом из каждой полосы получается большее количество деталей и уменьшается количество концевых отходов полосы» [8];

4. «Как правило, желательно резать широкие, а не узкие полосы, так как при этом требуется меньшее количество резов, а так же меньший шаг подачи при штамповке, кроме того обычно уменьшаются потери на концевые отходы» [8];
5. «В массовом производстве крупных деталей заказывать специальные мерные листы, кратные двум или более заготовкам» [8];
6. «В массовом производстве небольших деталей заменять листовой материал холоднокатаной лентой» [8];
7. «Нарезать заготовки для деталей, подвергаемых гибке, желательно с учетом направления волокон проката» [8];  
«При резке на ножницах применять специальные устройства, облегчающие настройку и повышающие точность реза» [8];  
«Различные способы раскроя полосового материала по экономичности и величине технологических отходов могут быть разделены на три вида» [8]:
  1. «Раскрой с отходами, когда вырезка происходит по всему контуру детали, а перемычка имеет замкнутую форму» [8];
  2. «Малоотходный раскрой, когда вырезается или отрезается часть контура детали, а в отход идет или перемычка между двумя вырезками, или только боковая перемычка» [8];
  3. «Безотходный раскрой, когда вырезаемая деталь получается путем прямолинейной или криволинейной отрезки без образования перемычек» [8].

Лента из металла сталь 08КП, является исходным материалом. Параметры ленты: толщина 0.8 мм, шаг 45 мм, ширина 47.2 мм.

Заготовка имеет расположение в сторону подачи ленты. Ширина ленты и ширина заготовки имеют равную величину, т.е. 47.2 мм.

Применим формулу из Романовского для расчета КИМ:

$$\eta = \frac{F_3}{(B \times t)}, \quad (2.1)$$

где  $F_3$  – величина площади вырубленной заготовки;

$B$  – размер ширины ленты;

$t$  – величина шага подачи.

$$\eta = \frac{F_3}{(B \times t)} = \frac{1888}{(47.2 \times 45)} = 0.88 \Rightarrow 88\% \text{ материала исходной заготовки}$$

затрачивается для получения детали.

#### 2.4. Вычисление ЭСП штамповки

Проектный технологический процесс состоит из шести операций:

1. Вырезка пазов. Процесс резания рабочими элементами штампа при вырубке, пробивке в некоторой степени аналогичен процессу резания ножницами. В данном случае пуансон и матрица являются как бы элементами, в данном случае ножами, имеющими замкнутую конфигурацию, содержащие сопряженные режущие кромки;

Рассчитаем усилие для вырезки пазов в заготовке:

$$P = L \times S \times \sigma_{\text{ср}} \times k, \quad (2.2)$$

где показатель величины запаса:  $k = 1.3$ ;

величина длина контура для вырубки:  $L$ ;

величина толщина материала:  $S$ ;

сопротивление срезу:  $\sigma_{\text{ср}} = 25 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}$ .

Для вырезки 2-х пазов:

$$P_1 = 44.2 \times 0.8 \times 25 \times 1.3 = 7.96 \text{ кН}$$

$$P_2 = 44.2 \times 0.8 \times 25 \times 1.3 = 7.96 \text{ кН}$$

Суммарное усилие для вырезки пазов в заготовке.

$$P_{\Sigma} = P_1 + P_2 = 7.96 + 7.96 = 15.92 \text{ кН}$$

Расчет усилия для удаления полосы с пуансона:

$$\langle P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} \times P \rangle [8], \quad (2.3)$$

где  $P$  – величина общего усилия вырубки;

$k_{\text{сн}} = 0.10$  – показатель снятия.;

$$P_{\text{сн}} = 0.10 \times 15.92 = 1.592 \text{ кН}$$

Расчет усилия для проталкивания изделия через полость матрицы:

$$P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} \times P \quad (2.4)$$

где  $k_{\text{пр}} = 0.10$  – коэффициент для установления

соотношения между  $P_{\text{пр}}$  и  $P$

$$P_{\text{пр}} = 0.10 \times 15.92 = 1.592 \text{ кН}$$

$$P_{\text{общ}} = P_{\Sigma} + P_{\text{сн}} + P_{\text{пр}} = 15.92 + 1.592 + 1.592 = 19.1 \text{ кН}$$

Работа резания пазов при пробивке:

$$A = \frac{x \times P \times S}{1000} \quad (2.5)$$

где  $x$  – коэффициент, выведенный из соотношения  $P = \frac{P_{\text{ср}}}{P}$

$$A = \frac{x \times P \times S}{1000} = \frac{0.65 \times 1910 \times 0.8}{1000} = 0.99 \text{ кДж}$$

2. Гибка предварительная. «Гибка листового металла осуществляется в результате упругопластической деформации, протекающей различно с каждой из сторон изгибаемой заготовки. Слои металла внутри угла (со стороны пуансона) сжимаются и укорачиваются в продольном и растягиваются в поперечном направлении. Наружные слои (со стороны матрицы) растягиваются и удлиняются в продольном и сжимаются в поперечном направлении» [8];

Определим усилие, необходимое для предварительной гибки:

$$P_{\Sigma} = 2 \times \frac{B \times S^2}{r+S} \times \sigma_B, \quad (2.6)$$

где  $B$  – длина линиигиба

$S$  – толщина материала



$r$  – радиус гйба

$\sigma_B$  – предел прочности

$$P_{\Sigma} = 2 \times \frac{B \times S^2}{r + S} \times \sigma_B = 2 \times \frac{40 \times 0.8^2}{1.3 + 0.8} \times 30 = 7.3 \text{ kH}$$

Определим работу для предварительной гйбки:

$$A = \frac{x \times P \times h}{1000} \quad (2.7)$$

где  $h$  – длина загибаемых полок

$$A = \frac{x \times P \times h}{1000} = \frac{0.65 \times 730 \times 4.7}{1000} = 2.23 \text{ кДж}$$

3. Гйбка окончательная. Четырехугольная деталь должна гнуться за две операции, или за два перехода последовательного штампа. При одновременной гйбке всех четырех углов происходит растяжение верхних полок и деталь получается больших размеров, чем по расчету, и неправильной формы;

Определим усилие, необходимое для окончательной гйбки:

$$P = 2.5 \div B \times S \times \sigma_B \times k_2, \quad (2.8)$$

$$P = 2.5 \div (B \times S \times \sigma_B \times k_2) = 2.5 \times (40 \times 0.8 \times 30) = 6.4 \text{ kH}$$

Определим работу для окончательной гйбки:

$$A = \frac{x \times P \times h}{1000} = \frac{0.65 \times 640 \times 10.8}{1000} = 4.5 \text{ кДж}$$

4. Просечка отверстия. Для получения точного и ровного отверстия в листовой металле применяют операцию просечки отверстия;

Определим усилие, необходимое для просечки шести отверстий:

$$P = 6 \times L \times k \times S \times \sigma_{cp}, \quad (2.9)$$

где  $L$  – длина контура просекаемого отверстия;

$k$  – поправочный коэффициент;

$S$  – толщина материала;

$\sigma_{\text{ср}}$  – сопротивление срезу.

$$6 \times (10.52 \times 0.9 \times 0.8 \times 25) = 11.36 \text{ кН}$$

Усилие, необходимое для снятия полосы с пуансона:

$$P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} \times P:$$

$$P_{\text{сн}} = 0.10 \times 11.36 = 1.14 \text{ кН}$$

Усилие, необходимое для проталкивания детали через матрицу:

$$P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} \times P$$

$$P_{\text{пр}} = 0.10 \times 11.36 \times 6 = 6.82 \text{ кН}$$

$$P_{\text{общ}} = P + P_{\text{сн}} + P_{\text{пр}} = 11.36 + 1.14 + 6.82 = 19.32 \text{ кН}$$

Работа резания при просечки:

$$A = \frac{x \times P \times S}{1000} = \frac{0.65 \times 1932 \times 0.8}{1000} = 1.05 \text{ кДж}$$

5. Развальцовка. После операции просечки отверстий, образуются “язычки” металла под просеченном отверстием. Развальцовку производит для надежного зацепления “язычков” детали с пластмассовой панелью. Под развальцовкой следует понимать отгибание стенок металла, образованных после просечки отверстия;

Определим усилие, необходимое для развальцовки шести отверстий:

$$P = 6 \times 1.1 \times \pi \times S \times \sigma_{\text{T}} \times D - d, \quad (2.10)$$

где  $S$ - толщина материала;

$\sigma_{\text{T}}$  – предел текучести;

$D$  -  $\emptyset$  отбортовки, мм;

$d$  -  $\emptyset$  отверстия, мм.

$$\begin{aligned} P &= 6 \times 1.1 \times \pi \times S \times \sigma_{\text{T}} \times D - d = \\ &= 6 \times (1.1 \times 3.14 \times 0.8 \times 30 \times (6 - 3.35)) = 4.8 \text{ кН} \end{aligned}$$

Определим работу для развальцовки:

$$A = \frac{x \times P \times h}{1000} = \frac{0.65 \times 640 \times 1.9}{1000} = 0.8 \text{ кДж}$$

6. Разделение деталей. После осуществления всех операций в последовательном штампе, когда деталь приняла нужную форму, производят разделение деталей (вырубку отхода) для получения готовой детали, которая в последующем проходит процесс мойки в машинно-моечной машине.

Определим усилие, необходимое для разделения деталей:

$$P = L \times S \times \sigma_{\text{ср}} \times k = 24 \times 0.9 \times 0.89 \times 25 = 4.32 \text{ кН}$$

Определим работу вырубки:

$$A = \frac{x \times P \times S}{1000} = \frac{0.65 \times 432 \times 0.8}{1000} = 0.23 \text{ кДж}$$

Рассчитаем общее усилие всех операций:

$$P_{\Sigma} = 19,1 + 7,3 + 6,4 + 19,32 + 4,8 + 4,32 = 0,06 \text{ МН}$$

### 3. ТИП ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

«При выборе пресса исходят из следующих соображений» [8]:

- «Тип пресса и величина хода ползуна должны соответствовать технологической операции» [8];
- «Номинальное усилие пресса должно быть больше усилия, требуемого для штамповки» [8];
- «Мощность пресса должна быть достаточной для выполнения работы, необходимой для данной операции» [8];
- «Пресс должен обладать достаточной жесткостью, а для разделительных операций – также повышенной точностью направляющих» [8];
- «Закрытая высота пресса должна соответствовать или быть больше закрытой высоты штампа» [8];
- «Габаритные размеры стола и ползуна пресса должны давать возможность установки и закрепления штампов и подачу заготовок, а отверстие в столе пресса свободное проваливание штампуемых деталей» [8];
- «Число ходов пресса должно обеспечивать достаточно высокую производительность штамповки» [8];
- «В зависимости от рода работы должно быть предусмотрено наличие специальных устройств и приспособлений» [8];
- «Удобство и безопасность обслуживания пресса должны соответствовать требованиям безопасности» [8];
- «Таким образом, основными механическими параметрами для выбора пресса являются: усилие, работа, жесткость, величина хода, закрытая высота и размеры стола пресса» [8];
- «Следует отличать загрузку пресса по усилию от загрузки по мощности (по работе). Первая лимитируется прочностью коленчатого вала или

зубчатых передач пресса, а вторая – живой силой маховых масс, мощностью электродвигателя и допустимой его перегрузкой» [8].

«Недостаточно производить выбор пресса только по усилию, так как могут быть разные случаи перегрузки пресса» [8]:

- «пресс перегружен по допускаемому усилию, в результате чего происходит деформация вала, а затем и поломка пресса» [8];
- «Пресс перегружен по мощности, но не перегружен по допускаемому усилию. В этом случае происходит затормаживание и резкое падение частоты вращения маховика, вызывающее недопустимое скольжение электродвигателя, перегрев его обмотки и порчу изоляции. В результате непродолжительной работы электродвигатель выходит из строя» [8].

### 3.1. Определение типоразмера и главные технические свойства

Выбор оборудования проведен в соответствии с критериями выбора:

- Номинальное усилие;
- Значение ходов ползуна в минуту;
- Величина размеров отверстий в столе;
- Размеры ползуна;
- Диаметр отверстия в ползуне;
- Расстояние от оси ползуна до станины;
- Размеры стола;
- Тип электродвигателя
- Мощность электродвигателя
- Число оборотов в минуту электродвигателя
- Наличие выталкивателя , а так же механизма подачи
- Комфортабельность и безопасность в обслуживании пресса.

Берем заведомо большее усилие для точного выполнения операций:

$$P = P_{\Sigma} \times k_{\text{попр}} \quad (3.1)$$

где  $P_{\Sigma}$  – величина суммы всех усилий операций;

« $k_{\text{попр}} = 1.25$  – поправочный коэффициент»; [8]

$$P = 0.06 \text{ кН} \times 1.25 = 0.062 \text{ МН}$$

Для изготовления детали “Пластина закладная облицовки двери автомобиля” используется штамповочный пресс КД-2328.

Технические характеристики КД2328:

- а) «Номинальное усилие пресса, кН – 630» [14];
- б) «Наибольшая технологическая работа пресса за один ход в режиме непрерывных ходов – 2.4 кДж» [14];
- в) «Величина наименьшего хода – 10» [14];
- г) «То же, наибольшего - 100» [14];
- д) «Величина хода ползуна пресса - 12» [14];
- е) «Величина наибольшего хода верхнего выталкивателя - 50» [14];
- ж) «Закрытая высота пресса (наибольшее расстояние между неподвижным столом и ползуном при нижнем положении ползуна и наибольшем ходе) – 340» [14];
- з) «Закрытая высота по рогу пресса (наибольшее расстояние между рогом и ползуном при нижнем положении ползуна и наибольшем ходе) – » [14];
- и) «Расстояние от стола до нижнего торца направляющей ползуна – 450» [14];
- к) «Расстояние между направляющими в свету – 290» [14];
- л) «Толщина подштамповой плиты – 80» [14];
- м) «Величина регулировки положения ползуна за счет свинчивания винта шатуна (регулировка закрытой высоты пресса) – 80» [14];

- н) «Величина регулирования положения стола за счет его подъема и опускания (регулировка закрытой высоты пресса) – 260» [14];
- о) «Вылет ползуна пресса (расстояние от оси ползуна до станины) – 35» [14];
- п) «Расстояние между стойками в свету – 340» [14];
- р) «Уровень плоскости стола (расстояние от верхней плоскости стола до пола – 900» [14];
- с) «Вес пресса, т – 6.3 т» [14];

### 3.2. Система автоматизации и главные свойства

Автоматизация процесса штамповки деталей дает возможность для увеличения производительности труда, а так же гарантирует абсолютную безопасность для сотрудников во время рабочего процесса на прессе.

Автоматизация обработки рулонного материала и ленты достигается за счет использования механизмов для подготовки и подачи материала в зону обработки, а также ряда вспомогательных механизмов и устройств.

Штамповка деталей непосредственно из рулонного материала является высокопроизводительным технологическим процессом, т.к. при этом, как правило, используется полное число ходов пресса, которое он имеет в автоматическом режиме работы. Штамповка ведется на автоматических комплексах, которые производят разматывание рулона, его очистку, правку, смазку перед штамповкой, подачу в зону обработки, штамповку и удаление готовых деталей и отходов штамповки.

При проектировании технологического процесса для таких комплексов стремятся получить готовое изделие методом ее вырубki в штампе либо с изменением формы в совмещенных или последовательных штампах без дополнительных операций штамповки на других прессах. В тех случаях, когда это невозможно, целесообразно штамповать детали на многопозиционных прессах-автоматах, оснащенных грейферным

механизмом, с вырубкой заготовки из ленты на первой позиции, или вести штамповку в автоматических линиях с грейферной передачей деталей между отдельными прессами. Однако, производительность штамповки при этом значительно ниже, чем при описанных выше процессах.

Из рулонного материала получают как мелкие (размерами в плане до  $200 \times 200$  мм), так и крупные детали (размерами в плане до  $630 \times 1000$  мм), а также длинномерные тонколистовые детали длиной до 1600 мм.

Исходным материалом являются стальная лента и сталь рулонная (холоднокатаная и горячекатаная) толщиной до 4 мм. Используют также цветные металлы в рулонах (латунь, алюминиевые сплавы и др.).

Состав и тип рулоноподающих механизмов в комплексе определяются геометрическими размерами ленты и особенностями технологического процесса штамповки. При штамповке узкой ленты (сечением до  $20 \times 1$  мм) на прессах усилием до 250 КН с шагом подачи до 20 мм обычно используют лишь неприводной рулоноразматыватель (рис. 3.2, *a*) и механизм подачи с приводом от штампа или пресса. При более жесткой ленте, штампуемой на прессах усилием 400—1000 КН, рекомендуется применять предварительную правку ленты (рис. 3.2, *б*). Если согласно технологическому процессу образуется лента-высечка, то механизм подачи может быть двусторонним (рис. 3.2, *в*), что обеспечит более точный шаг подачи. Ленту-высечку можно разрезать на ножницах (рис. 3.2, *в*) либо наматывать на барабан наматывающего устройства (рис. 3.2, *з*). При последовательной штамповке в ленте шириной более 100 мм большую точность шага подачи можно получить при применении приводного рулоноразматывателя (рис. 3.2, *д*). Вырубка заготовки или последовательная штамповка в ленте на быстроходных прессах-автоматах также ведется с использованием приводного рулоноразматывателя, правильной машины и высокоточного механизма подачи (рис. 3.2, *е*).



При штамповке из ленты шириной более 600 мм используют наиболее полный комплект рулоноподающих механизмов: приводной разматывающий механизм с прижимным роликом и набором приспособлений для отслоения первого витка и заправки торца ленты; моечно-очистную и правильную машины; петлевую яму с фотоэлементными датчиками и опускным столом-проводкой; механизм подачи и устройство для разделки отходов; удаляющие устройства для детали и отходов (рис. 3.2, ж).

Размотку ленты для ее подачи в многоползунковые прессы-автоматы даже при малых сечениях материала целесообразно вести с приводного разматывающего механизма, что позволит выдерживать точный шаг при высокой производительности штамповки (рис. 3.2, з).

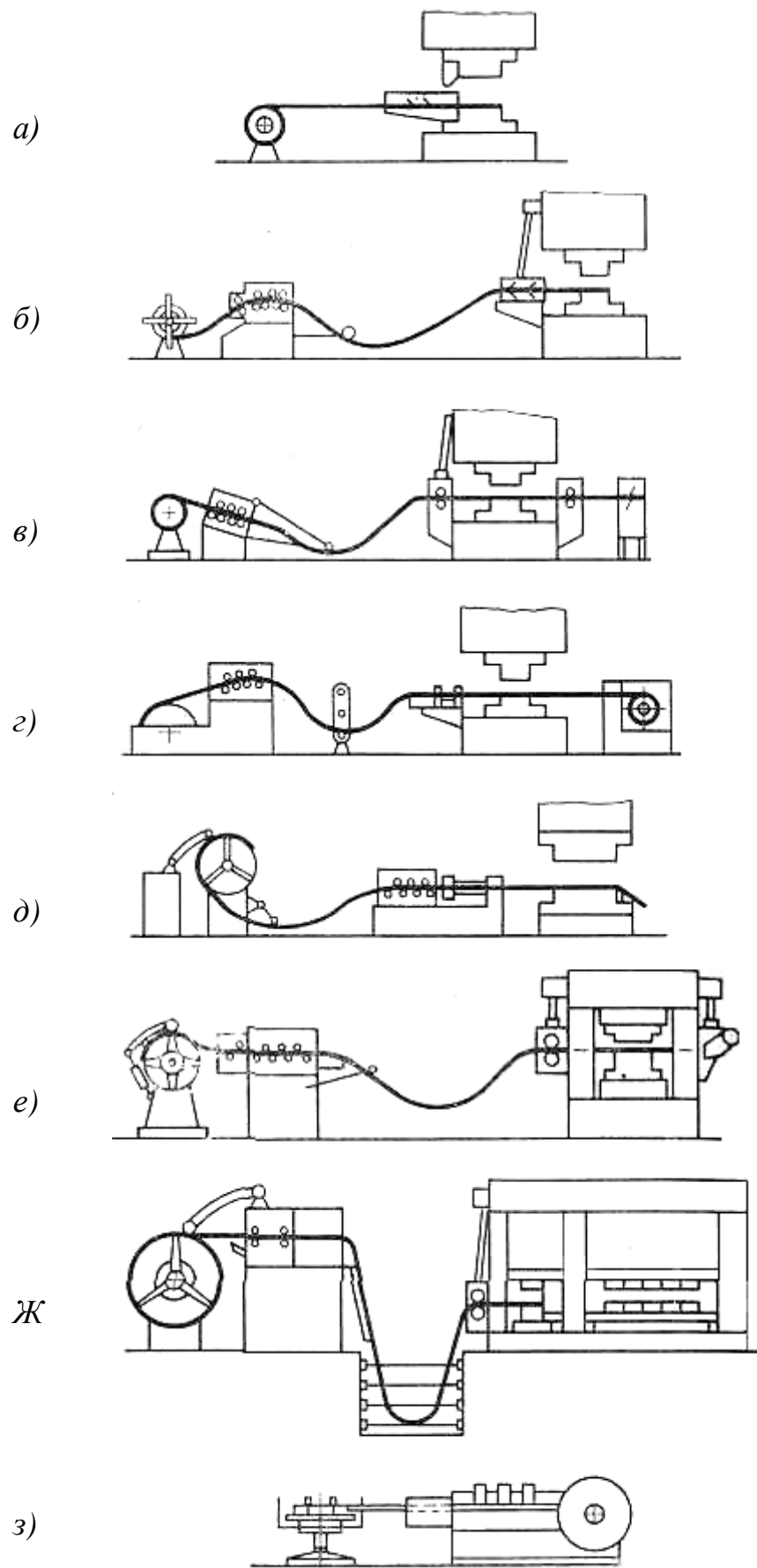


Рисунок 3.2 – Типы рулоноразматывающих устройств

Классификация механизмов, применяемых на разных этапах обработки рулонного материала, представлена на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 – Схема классификации механизмов для обработки рулонного материала

В данной выпускной квалификационной работе используется высокоскоростной автоматический комплекс с клещевой подачей для последовательной штамповки деталей в ленте (Рис.3.4). Лента, сматываемая с рулонницы 1, проходит 7-валковую правильную машину 2, стойку 3 с конечными выключателями для контроля величины петли и по роликовой проводке 4 поступает в клещевую подачу 5 и далее – в рабочую зону пресса 6. Клещевая подача 5 с приводом от главного вала пресса обеспечивает высокую точность шага при изменении числа ходов пресса, что дает возможность вести работу без настройки подачи. Отход разрезается ножами.

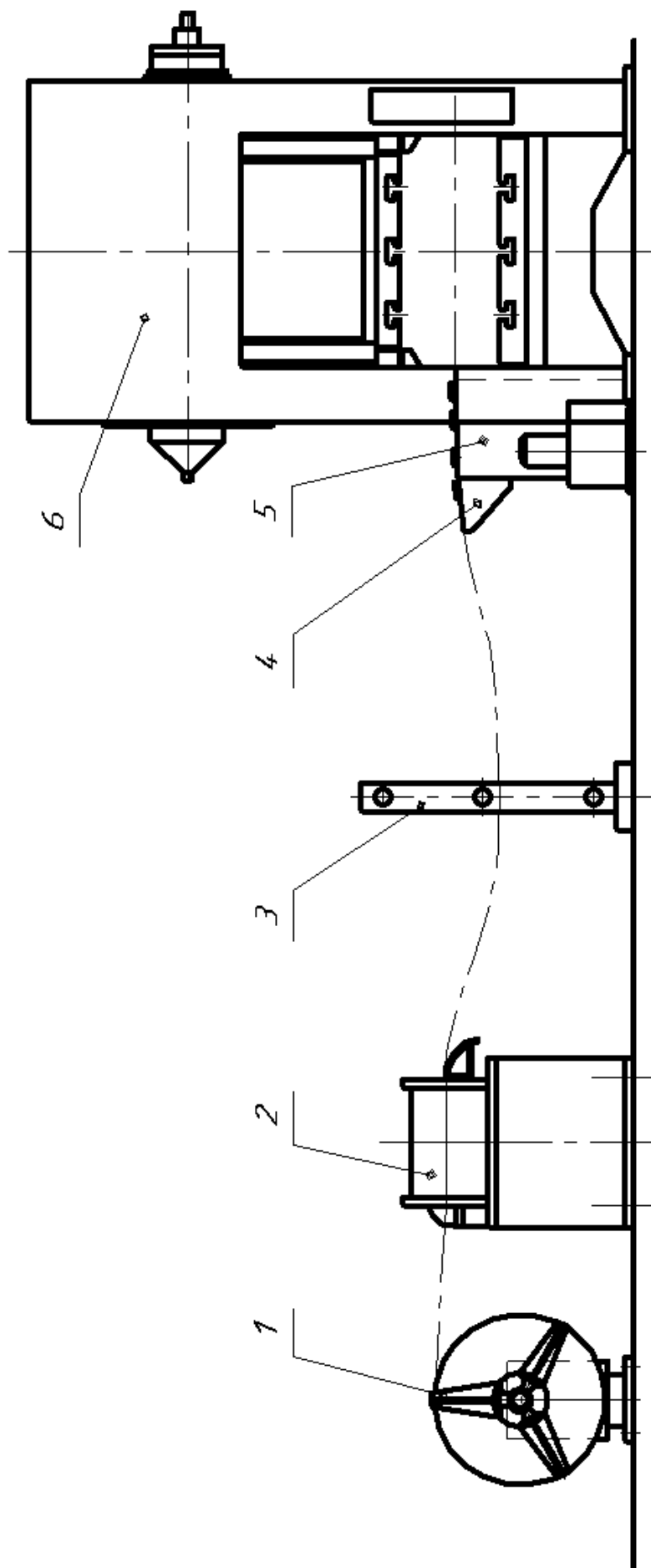


Рисунок 3.4 – Автоматическая подача с клещевой  
подачей

### 3.3. Принцип работы автоматической линии

Для изготовления детали «Пластина закладная облицовки двери автомобиля» используется многопозиционный штамп.

В проектно-технологическом процессе данной выпускной квалификационной работы применяется следующий вид подачи: автоматизация подачи рулонного материала с помощью клещевого устройства.

Устройства для автоматической подачи рулонного и полосового материала имеют большое значение, так как при применении комбинированных штампов последовательного или совмещенного типа они позволяют полностью автоматизировать процесс штамповки.

Рулон из материала Сталь 0.8 КП закрепляется на устройство для разматывания рулона (рулоноразматыватель) посредством специальной тележки. Рулоноразматыватель оборудован прибором регулирования скорости разматывания. Это необходимо для контролирования сужения диаметра рулона. С помощью кранбалки или электропогрузчика подается новый рулон, который загружается посредством подъемного стола.

После прохождения рулоноразматывательного устройства лента подается в машино-мочный блок для её промывания. Через правильные валки лента попадает в устройство для компенсационной петли. Для шумоизоляции, избегания травм и возможного попадания в пресс различных предметов его располагают в защитном экране.

Магнитный транспортер перемещает готовые детали и отходы после штамповки в специальный контейнер (тару).

Вся последовательность действия прессы осуществляется от отдельных приводов, а информация о движении ползуна прессы передается на экран пульта управления.

#### 4. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ШТАМПОВОГО ОБОРУДОВАНИ

«Конструкция штампа должна удовлетворять следующим требованиям» [8]:

- а) «конструкция штампов должна обеспечивать заданную производительность и качество получаемых деталей» [8];
- б) «конструкция должна обеспечивать наименьшую металлоемкость штампа» [8];
- в) «необходимо достичь максимального использования стандартных деталей» [8];
- г) «конструкция штампа должна обеспечивать транспортировку штампа в целом и отдельных его узлов и деталей» [8];
- д) «должна быть обеспечена технологичность изготовления деталей штампа» [8];
- е) «должна быть обеспечена безопасность, а также надежная фиксация штампа на прессе» [8].

«Конструкция штампов зависит от исходного материала (лист, полоса, лента), выполняемой операции, формы и размеров штампуемой детали, требуемой точности ее размеров, масштаба производства и пр. Поэтому штампы для листовой штамповки классифицируют по нескольким признакам» [8]:

- а) «технологическому» [8];
- б) «конструктивному» [8];
- в) «эксплуатационному» [8];
- г) «по числу одновременно выполняемых операций за один ход прессы» [8].

«По технологическому признаку штампы различают» [8]:

- а) вырубки – пробивки
- б) гибки

в) отбортовки

г) обжима

«Конструктивно штампы различают по виду направляющих устройств, обеспечивающих равномерный зазор между пуансоном и матрицей. К ним относятся: плиты, колонки, втулки, цилиндры» [8].

«При использовании заготовок произвольной формы, например, отходов металла после штамповки крупных деталей применяют штампы без направляющих устройств (открытые штампы) с универсальным подвижным съемником, прикрепляемым к верхней части штампа» [8].

«Эксплуатационный признак штампов определяется способом удаления деталей и отходов из штампа. Если поперечные размеры штампуемой детали меньше размеров отверстия в плите прессы, она проваливается сквозь него, штамповка ведется <на провал>» [8].

«По числу одновременно выполняемых операций за один ход прессы штампы подразделяют на простые (однооперационные) и комбинированные, выполняющие одновременно несколько операций. Комбинированные штампы делятся на штампы последовательного действия, в которых изготовление детали происходит за несколько переходов различными парами пуансонов и матриц при последовательном перемещении заготовки» [8].

«Существуют комбинированные штампы последовательно-совмещенного действия, в которых сочетаются элементы штампов последовательного и совмещенного действия» [8].

«Штампы для листовой штамповки подразделяются на специальные (или специализированные) и универсальные, переналаживаемые для изготовления различных однотипных деталей» [8].

«В особую группу можно выделить штампы, применяемые в мелкосерийном производстве, а именно – специальные и универсальные легкопереналаживаемые штампы для штамповки деталей по элементам, универсально-сборные штампы (УСШ), собираемые из комплекта готовых деталей и сборочных единиц, специальные штампы упрощенной

конструкции (листовые или «пинцетные», пластинчатые, ленточно-ножевые, пакетные) и штампы легкообрабатываемых материалов (свинцово-цинковые, полиуретана)» [8].

#### 4.1. Структура и принцип работы штампового оборудования

«Штампы для листовой штамповки состоят из блока, пакета и крепежных деталей. Блок штампа состоит из верхней и нижней плит, направляющих колонок, втулок и хвостовика (если размеры штампа невелики); пакет штампа включает пуансоны, матрицы, пуансонодержатель, съемник отходов, выталкиватель, упоры, ловители, направляющие линейки и пр» [8].

«Конструкция и размеры основных деталей штампа, из которых состоят пакеты и блоки, регламентированы государственными стандартами. Однако они не охватывают всего многообразия деталей штампов, применяемых в различных отраслях промышленности, в связи с чем имеются еще и ведомственные нормалы (МН) и стандарты предприятий (СТП) на детали и сборочные единицы штампов» [8].

Заготовка подается в штамп из стапелера при помощи грейферной линейки, которая также позиционирует заготовку относительно штампа. Прижим и подъемники при помощи маркетных шпилек поднимаются и тем самым заготовка ложится на подъемники. Верхняя часть штампа начинает движение вниз. Первой заготовки на подъемниках касается матрица, они движутся вниз и достигают прижима. Заготовка оказывается зажата между матрицей и прижимом. Первой происходит вырубка вспомогательных контуров, когда еще металл имеет плоскую форму, далее заготовка посредством выполнения предварительной и окончательной гибки принимает необходимую изогнутую форму. Следующими операциями являются просечка отверстий и развальцовка, таким же образом (рабочая поверхность заготовки зажимается матрицей и прижимом) под действием



пуансона просекаются необходимые по диаметру отверстия и развальцовываются «язычки» детали.

#### 4.2. Материал изделия штампа и расчет на прочность

«При конструировании штампов размеры деталей назначают, в основном, из конструктивных соображений, исключение рабочие (исполнительные) размеры пуансонов и матриц, которые определяют расчетом с указанием допусков на изготовление» [8].

«Например, при выборе типа и размеров плиты штампа исходят из возможности размещения на ней пакета и направляющих колонок и втулок, направляющих линеек, упоров, съемников, ограждения и пр. При выборе числа направляющих колонок учитывают требуемую точность размеров штампуемой детали, вид и размеры исходного материала (полоса, лист и пр.) и удобство в работе. После установления ориентировочных размеров плиты используют стандарт на выбранный тип плиты и в соответствии с ним окончательно уточняют размеры плиты» [8].

«Конструктору штампов не приходится выполнять какие-либо расчеты для определения размеров деталей штампов, его задача – максимально использовать существующие нормативные данные в виде стандартов, нормалей и руководящих технических материалов (РТМ). Проверочные расчеты на прочность, устойчивость и жесткость необходимы, так как только они гарантируют возможность работы штампа (особенно его рабочих деталей) без разрушения с необходимым запасом прочности. Проверочному расчету подвергают: пуансоны малого диаметра, матрицы, плиты блока штампа буферные устройства, подкладные пластины, крепежные детали» [8].

Расчет опорной поверхности головки пуансона на смятие:

$$\langle \sigma_{\text{см}} = \frac{P}{F} \rangle [8]: \quad (4.1)$$

где «P - Потребное технологическое усилие» [8];

«F- Опорная поверхность головки пуансона, мм<sup>2</sup>» [8].

$$\sigma_{см} = \frac{P}{F} = \frac{1136}{164} = 69,2 \text{ МПа}$$

Материал пуансонов Х12М. Допускаемое напряжение сжатия при  $\sigma_{см} = 10 \text{ кгс/мм}^2$ , необходима каленая стальная прокладка.

Расчет пуансона на сжатие в наименьшем сечении:

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{f}; \quad (4.2)$$

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{f} = \frac{1136}{164} = 69,2 \text{ МПа} < [\sigma_{сж}] = 1600 \text{ МПа}$$

где «P - Потребное технологическое усилие» [8];

«F - Площадь наименьшего сечения пуансона, мм<sup>2</sup>» [8];

Расчет свободной длины пуансона на продольный изгиб:

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{EJ}{nP}} \quad (4.3)$$

$$l = 4,43 \sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^6 \cdot \frac{1,42^4}{12}}{2,5 \cdot 1136}} = 71,7 \text{ мм}$$

где «E- Модуль упругости, (2.2 × 10<sup>6</sup>) МПа» [8];

«J - Момент инерции сечения, см<sup>4</sup>» [8];

«n – Коэффициент безопасности n = (2 ... 3)» [8].

«Согласно справочным данным выбираем материал основных деталей штампа. Все пробивные пуансоны, матрицы, пуансоны для гибки, матрицы для гибки выполняются из стали Х12М1, т.к. она соответствует требованиям прочности» [8].

#### 4.3. Вычисление количества и распределения упругих элементов

Штамп оборудуется пружинами для выбрасывания готовой (отштампованной) заготовки из полости матрицы. Полиуретновая пружина приводит в действие втулкосъемник, которая снимает с пуансона заготовку.

Усилие, которое создается всеми пружинами совместно:

$$P_{\text{пружин.}} = K_{\text{вытал.}} \times P_{\text{отборг.}}, \quad (4.1)$$

где  $K_{\text{вытал.}} = 0,02 \dots 0,06$  – коэффициент выталкивания;

$P_{\text{отборг.}} = 0,095 \text{ МН} = 95 \text{ кН}$  – усилие отбортовки;

Рассчитаем требуемое усилие, которое создают пружины:

$$P_{\text{пружин.}} = 0,02 \times 95 \text{ кН} = 1,9 \text{ кН.}$$

По ГОСТу 18793-80 выбираем стальные пружины для обеспечения усилия выталкивания заготовки из матрицы. Конструктивно выбираем пружины усилием  $P_{\text{ст}} = 6 \text{ кгс}$ : геометрические размеры пружины:

$D = 30 \text{ мм}$  –  $\emptyset$  пружины наружной;

$d = 5.5 \text{ мм}$  –  $\emptyset$  проволоки;

$t = 8.71 \text{ мм}$  – шаг пружины;

$H_0 = 60.6 \text{ мм}$  –  $H$  в свободном состоянии.

#### 4.4. Нахождение центра давления штампового оборудования

«Центр давления штампа – это точка, в которой сосредоточены все внешние равнодействующие силы. Для того, чтобы не допустить смещения (перекоса) плит блока штампа из внецентренного нагружения, приводящего к нарушению равномерности зазора, между матрицей и пуансоном по контуру штампуемых деталей, притуплению рабочих кромок инструмента, неравномерному изнашиванию направляющих колонок и втулок штампа и

направляющих ползуна пресса необходимо, чтобы центр давления штампа совпадал с продольной осью симметрии ползуна пресса» [1].

«Если штамп с хвостовиком, то это условие выполняется путем совмещения центра давления штампа с продольной осью хвостовика. При ассимметричном контуре штампуемой детали центр давления совпадает с геометрическим центром детали, при произвольной (асимметричной) форме контура или при использовании многопуансонного штампа (например, для пробивки одновременно нескольких отверстий) центр давления штампа определяют из условия равновесия моментов, создаваемых приложенными к пуансонам силам» [1].

Рассчитаем центр давления штампа аналитическим способом:

Уравнение моментов относительно оси У:

$$x = \frac{P_1 \times a + P_2 \times b + P_3 \times b + P_4 \times c + P_5 \times d + P_6 \times e}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6}$$

$$= \frac{19.1 \times 45,9 + 7.3 \times 153,4 + 6.4 \times 178 + 19.2 \times 253 + 4.8 \times 268 + 4.32 \times 336}{19.1 + 7.3 + 6.4 + 19.2 + 4.8 + 4.32}$$

$$= 178.5 \text{ мм}$$

Уравнение моментов относительно оси Х:

$$y = \frac{P'_1 \times c' + P'_2 \times e' + P_3 \times b' + P'_4 \times g' + P'_5 \times d' + P'_6 \times a'}{P'_1 + P'_2 + P'_3 + P'_4 + P'_5 + P'_6}$$

$$= \frac{19.1 \times 195,3 + 7.3 \times 124,2 + 6.4 \times 85.3 + 19.2 \times 76.6 + 4.8 \times 68 + 4.32 \times 56}{19.1 + 7.3 + 6.4 + 19.2 + 4.8 + 4.32}$$

$$= 120.4 \text{ мм}$$

где  $x$  – расстояние от оси ОУ до центра тяжести;

$y$  – расстояние от оси ОХ до центра тяжести.

$a, b, c, d, e$  – расстояние центра тяжести фигуры до оси ОУ;

$a', b', g', d', e', c'$  – расстояние центра тяжести фигуры до оси ОХ.

$P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$  – усилия для операции.

#### 4.5. Вычисление исполнительных размеров инструмента

«Про просечки основной деталью является пуансон, т.к. он обеспечивает поверхность блестящего пояска, по которому производят контроль размеров просекаемого отверстия. При вырубке основной деталью является матрица, т.к. она обеспечивает поверхность блестящего пояска вырубаемой детали, по которой производят контроль размера детали. При расчете подсчет размеров ведут от основной детали. Зазоры определяют за счет второстепенной детали. Соблюдают два основным правила» [8]:

1. «При пробивке износ пуансона осуществляется в сторону уменьшения его диаметра, поэтому из всех возможных вариантов размер пуансона назначают максимальным» [8];
2. «Матрица при вырубке изнашивается в сторону увеличения диаметра, поэтому размер матрицы назначают минимальным из всех возможных вариантов в зависимости от допуска на размер отверстия» [8].

Расчет исполнительных размеров при просечки отверстия  $\varnothing 3.35$  мм:

$$d_{\Pi} = (d_{\text{отв}} + \Delta)^{-\delta} \quad (4.6)$$

где  $\Delta$  – допуск на отверстие, назначенный по 14-му качеству ( $\pm j_s 12/2$ );  $\Delta = \pm 0,045$  мм;

$\delta$  – допуск на изготовление пуансона по качеству h6;  $\delta = -0,009$  мм.

Диаметр пуансона в соответствии с формулой (4.4) равен:

$$d_{\Pi} = (3,35 + 0,045)_{-0,009} = 3,80_{-0,009} \text{ (мм)}.$$

Расчет диаметра матрицы выполняется по формуле :

$$d_M = (d_{\Pi} + Z)^{+\delta}, \quad (4.7)$$

где  $Z$  – двусторонний зазор резания;  $Z = 0,08$  мм (10% от толщины  $S$ );

$\delta$  – допуск на изготовление матрицы по качеству H7;  $\delta = + 0,08$  мм.

Диаметр матрицы в соответствии с формулой (4.8) равен:

$$d_M = (3,80 + 0,15)^{+0,08} = 3,95^{+0,08} \text{ (мм)}.$$

## 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САД/САМ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ШТАМПОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

«Система автоматизированного проектирования процессов штамповки позволяют интенсифицировать разработку, нормировать и оптимизировать технологические процессы листовой штамповки. С помощью САПР проводят расчет размеров развертки пространственных деталей, выбор рационального варианта и расчет нормативов раскроя штампуемого материала, формирование технического задания на проектирование разделительных или формоизменяющих штампов» [1].

«Программное обеспечение строится по модульному принципу, как открытая система, то есть оно может быть либо пополнено модулями, либо модули могут быть исключены или заменены. Например, модули для расчета только развертки, раскроя, вытяжки и обрезки, нормирования и печати технологических карт и эскизов достаточны для расчета технологии определенной детали, для другой детали выбирают другие модули. В условиях автоматизированного проектирования совершенствование технологической подготовки производства направлено в первую очередь на создание типовых технологических процессов, на стандартизацию технологических решений, из которых формируют входную информацию для компьютера. Типовой технологический процесс характеризуют однотипностью операций, переходов, штампов, оборудования и приспособлений для отдельной группы деталей» [1].

«Для выполнения вычислительных работ, требующих больших затрат времени, особенно при многовариантных расчетах, последние выполняют с помощью системы автоматизированного проектирования процессов (САПР), которая позволяет существенно снизить трудоемкость счетной работы» [1].

## 5.1. CAE-анализ в ПО «LS-DYNA»

«CAE(Computer-AidedEngineering) – программные системы позволяющие понять, как поведёт себя в реальных условиях сформированная 3D модель изделия. CAЕсистемы выполняют ряд разнообразных задач по расчёту напряжений, деформаций, теплообмена и других параметров сплошных сред. Благодаря широкому перечню возможностей и широкому выбору программного обеспеченияCAЕсистемы нашли себе применение во многих отраслях промышленности. CAЕ технология, заключающаяся в применении компьютерного программного обеспечения для анализа САDгеометрии продукта и испытания его при заданных условиях для улучшения и оптимизации конструкции как самого продукта, так и его инструмента. При помощи CAЕ можно проводить множество операций, такие как» [10]:

-«стресс анализ компонентов и узлов на основе методов конечных элементов» [10];

-«термический анализ» [10];

-«кинематические исследования» [10];

-«оптимизацию продуктов или процессов» [10].

«В основе своей работы они используют различные математические расчёты, такие как метода конечных элементов, метода конечных разностей, метод конечных объёмов. В данной выпускной квалификационной работе, для анализа процесса листовой штамповки использовался метод конечных элементов» [10].

«В методе конечных элементов структура модели представлена набором элементов, которые могут обрабатываться компьютером после того, как будут разбиты на отдельные части. Основная задача метода конечных элементов заключается в анализе прочности и расчёте задач связанных с деформаций. Так же МКЭ используется для решения множества инженерных



задач, таких как задача механики жидкости, сплошных сред, статики и динамики» [10].

«Метод конечных элементов является наиболее распространённым среди инструментов используемых для анализа характеристик конструкций, подвергаемых различным нагрузкам. МКЭ даёт возможность решать задачи расчёт деталей сложной конструкции, посредством разбивания этих деталей на более мелкие части – конечные элементы» [10].

«После того как деталь была разбита на более мелкие элементы расчёты проводятся для отдельных конечных элементов. Точки, соединяющие элементы, называются узлами, и в совокупности образуют конечную элементную сетку» [10].

«Для решения задач связанных с методом конечных элементов используют разнообразные программы решатели. В данной работе рассматривается программный продукт LS-PREPOST и LS-DYNA» [10].

«LS-PREPOST – программный продукт, предназначенный для создания конечно-элементной модели детали и инструмента. В функционал программы входит, такие важные функции, как задание материала испытуемого продукта, а так же задания всех необходимых условий, таких как расположения испытуемого тела в пространстве, редактирование сетки конечных элементов и геометрии заданных тел и непосредственно выбор моделируемого процесса. В данной ВКР будет рассмотрено несколько этапов работы с LS-PREPOST, а именно моделирования процесса многооперационной вытяжки. Для расчёта процесса созданную модель со всеми установленными данными импортируют в универсальный решатель подобных задач LS-DYNA» [10].

«LS-DYNA– многоцелевая программа использующая постановку метода конечных элементов, для расчёта динамических процессов ( в том числе и процессов, приводящих в разрушению). Полностью автоматизированный процесс решения задач, в совокупности с множеством функций по проверке получаемого решения, представляемых программой,

позволяет инженерам успешно и без особых затруднений решать сложнейшие задачи, связанные с формированием металла (прокат, выдавливание, штамповка, литьё, вытяжка), анализ безопасности пассажира( используется для проверки взаимодействия подушки человека и виртуальной модели человека ), резка металла, инженерный анализ изделий народного потребления, расчёт всевозможных ситуаций связанных с ударами» [10].

Система LS-DYNA применяется в решениях задач холодной объёмной и листовой штамповки, моделирования процессов гибки, обрезки профиля различными видами ножей, вырубки заготовки в лентах, осадки заготовок [20].

## 5.2. Описание процесса гибки

Программное обеспечение SIEMENS NX 9.0. позволяет создавать 3D модели. На (Рис. 5.1) изображена 3D модель детали, полученная с помощью различных функций для построения фигур, содержащихся в программе NX.

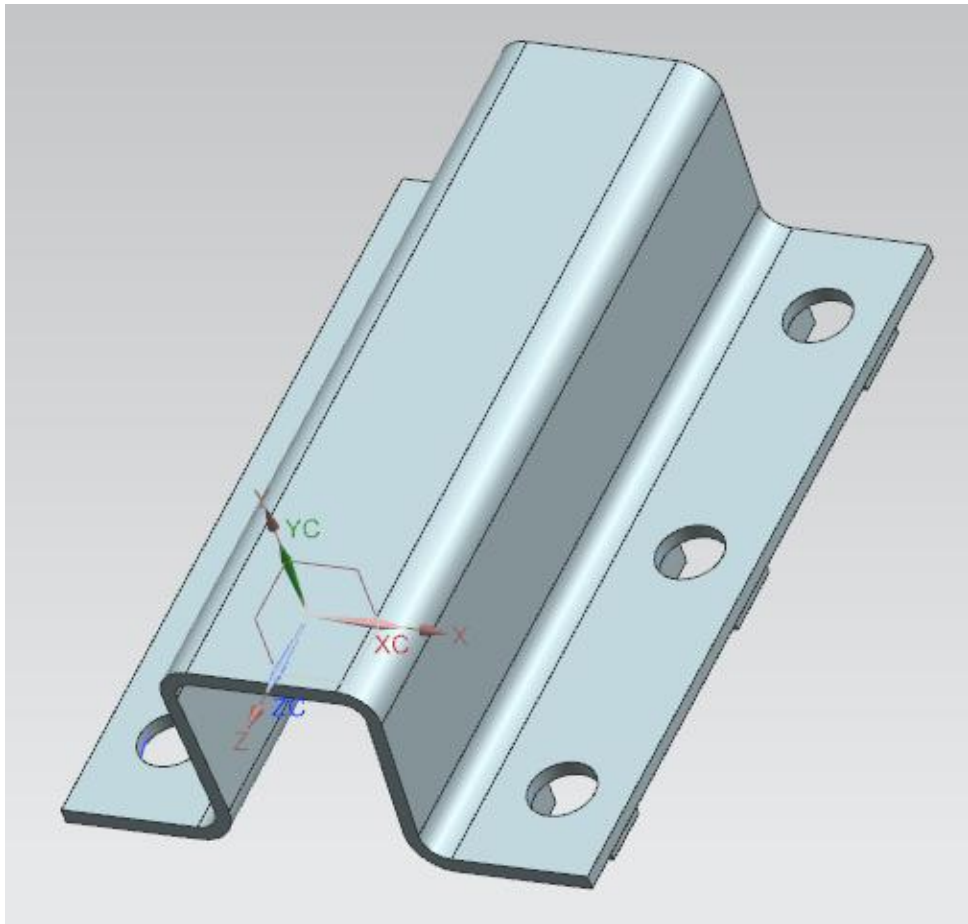


Рисунок 5.1 – Готовая 3D-модель изделия

Для получения готового изделия смоделируем заготовку (Рисунок 5.2)

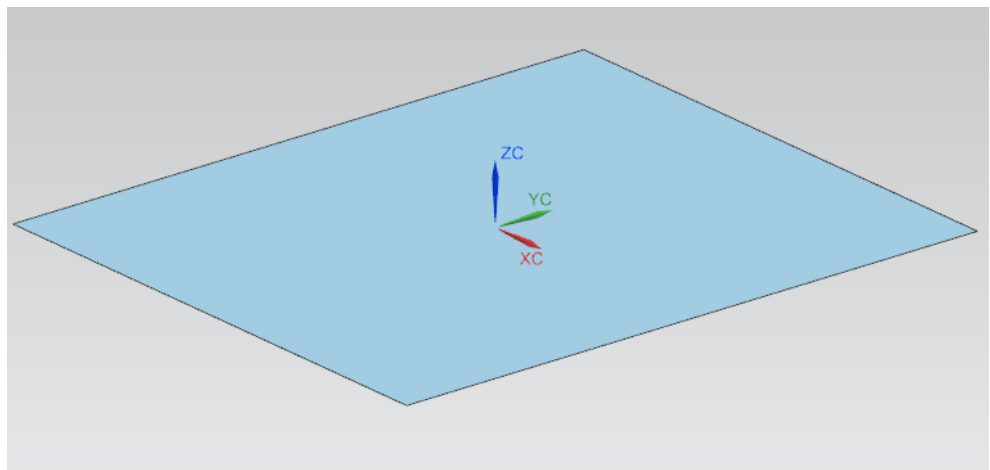


Рисунок 5.2 – Заготовка

Для приобретения заготовкой необходимой формы были смоделированы следующие инструменты:

- пуансон (рис. 5.3);
- прижим (рис. 5.4);
- матрица (рис. 5.5).

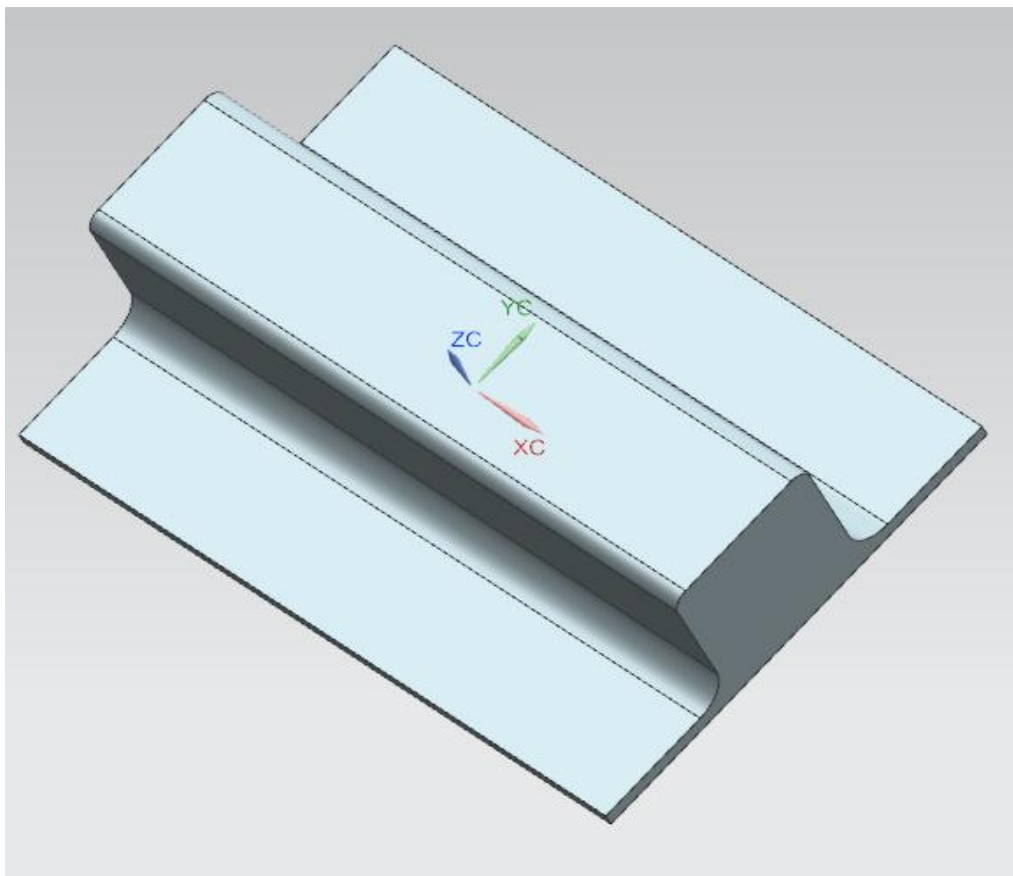


Рисунок 5.3 – Пуансон

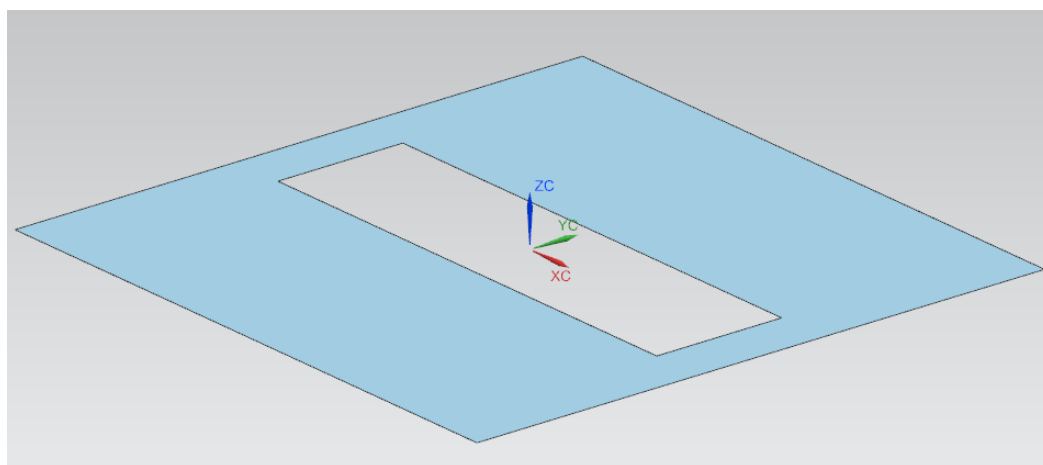


Рисунок 5.4 – Прижим

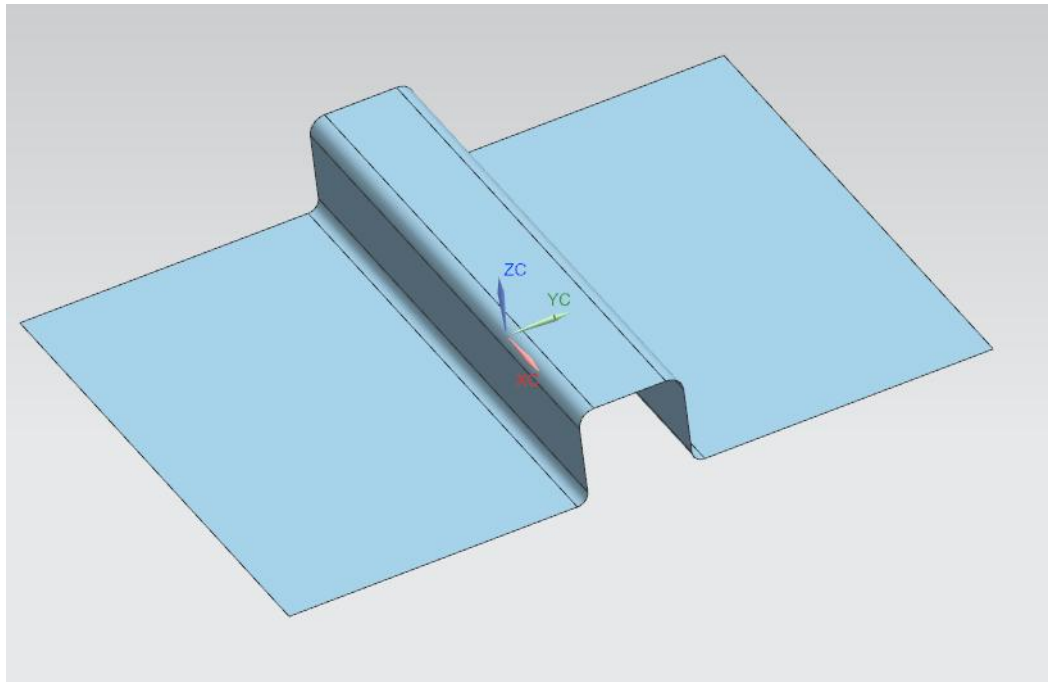


Рисунок 5.5 – Матрица

Все модели (пуансон, прижим, матрица, заготовка), построенные в NX 9.0 импортируются в программное обеспечение LSREPOST для выполнения вычислительных операций процесса гибки.

Необходимый файл материала заготовки “k” - создается для осуществления вычислительных операций в LSREPOST.

Материал заготовки – сталь 08КП (Сталь конструкционная углеродистая качественная)

“k” – файл написан в «Текстовом редакторе». (Рис. 5.6)

```

*KEYWORD
*MAT_TRANSVERSELY_ANISOTROPIC_ELASTIC_PLASTIC
$      MID      RO      E      PR      SIGY      ETAN      R      HLCID
      1 7.8E-09 19.00E+04      0.3      SIGY      1.6644      R      10
*DEFINE_CURVE
10
0.0000,198.927
0.002,216.883
0.004,230.133
0.008,249.732
0.015,273.496
0.025,297.053
0.04,322.068
0.07,356.043
0.12,393.183
0.2,432.579
0.3,466.935
0.45,504.203
0.65,540.683
1.0000,586.892
1.5,634.06
*END

```

Рисунок 5.6 – «к»-файл

«Знак «\$» означает, то, что значения, идущие после этого знака, никак не влияют на геометрию детали» [10];

«MID – универсальное число материала, которое равно 1» [10];

«RO – плотность материала сталь 08КП, которое равно 7.8E-09» [10];

«E – Модуль Юнга, который равен 18.00E+04 для стали 08КП» [10];

«PR – Коэффициент Пуансона, значение равно 0.3» [10].

«SIGY – предел текучести, для стали 08КП в данном файле “к” не указывается» [10].

«ETAN–модуль пластического упрочнения. Аналогично, как и для “SIGE” для стали -08КП не указывается» [10].

«R – Коэффициент(число) анизотропии, которое равно 1» [10].

«HLCID - Кривая нагрузки, которая показывает сравнительный анализ: Эффективного пластического деформирования и эффективного предела текучести. Кривая имеет номер, который равен 10» [10].

### 5.3. Моделирование процесса гибки в LS-DYNA

1. В программный продукт LSrepost производится загрузка экспортируемых в другой формат (iges) моделей инструментов для выполнения процесса гибки.
2. Для выполнения процесса гибки на поверхность геометрии пуансона, матрицы и заготовки наносится специальная сетка( конечно –элементная). Ее размер будет равен 6. А для прижимной поверхности размер будет равен 12.
3. В разделе “Blank” заносится формат заготовки:
  - выбираем заготовку (положение 1, рис. 5.7)
  - задаем тип материала (положение 2, рис. 5.7)
  - определяем толщину заготовки, выставляем число 0.8 (положение 3, рис. 5.7)

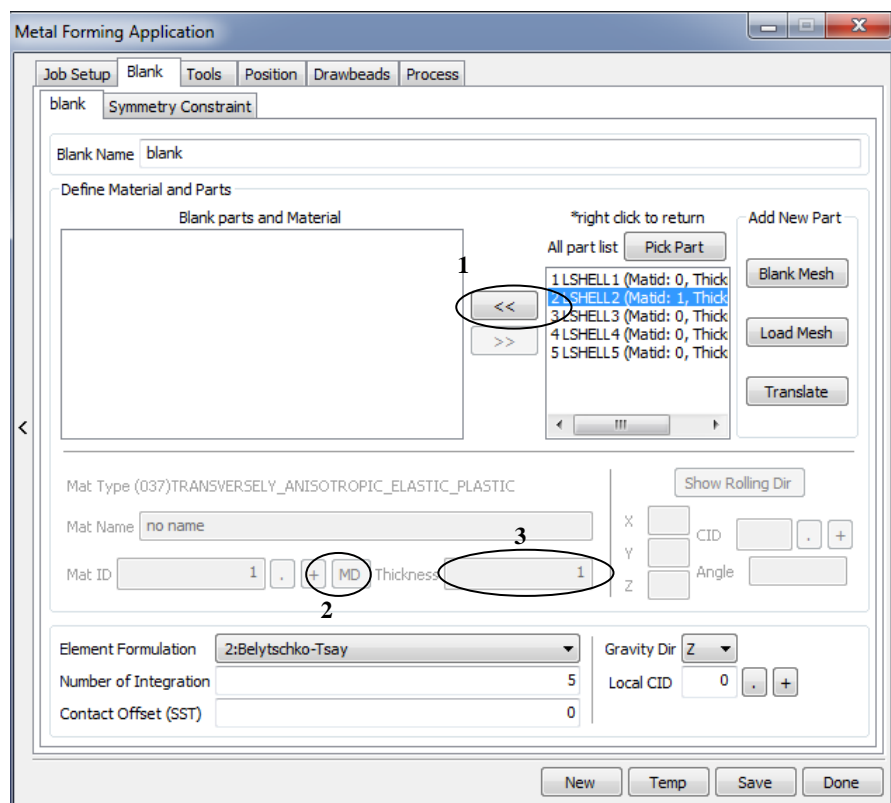


Рисунок 5.7 – Раздел «Blank»

4. В разделе “tools” зададим параметры рабочего инструмента:

- Индивидуально для каждого из инструментов подбираются элементы сетки, которые мы создали в предыдущем пункте (5.3.2.). (положение 1 рис. 5.8-5.10);
- Для результативного выполнения операции, необходимо правильно расположить инструменты относительно заготовки. (above-выше заготовки, below-ниже заготовки). (Положение 2, рис. 5.8-5.10);
- Коэффициент трения автоматически определяется. Он равен 0.125 (положение 3, рис. 5.8-5.10);
- Выбираем ось Z для перемещения инструментов.(положение 4, рис. 5.8-5.10).

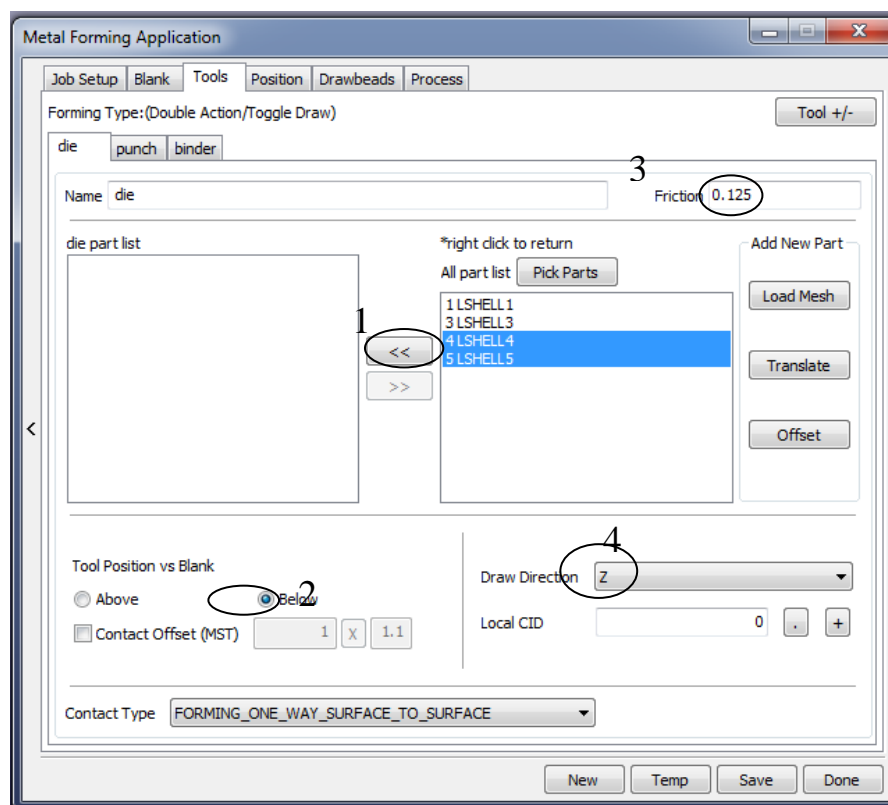


Рисунок 5.8 – Выбор матрицы



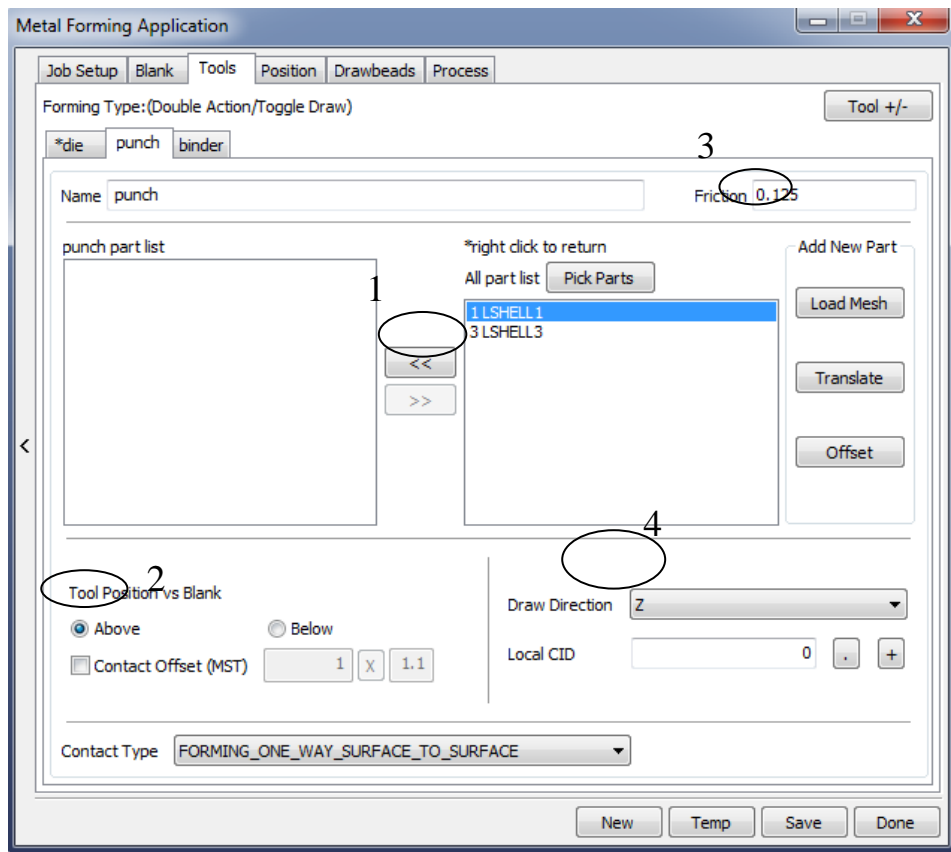


Рисунок 5.9 – Выбор пуансона

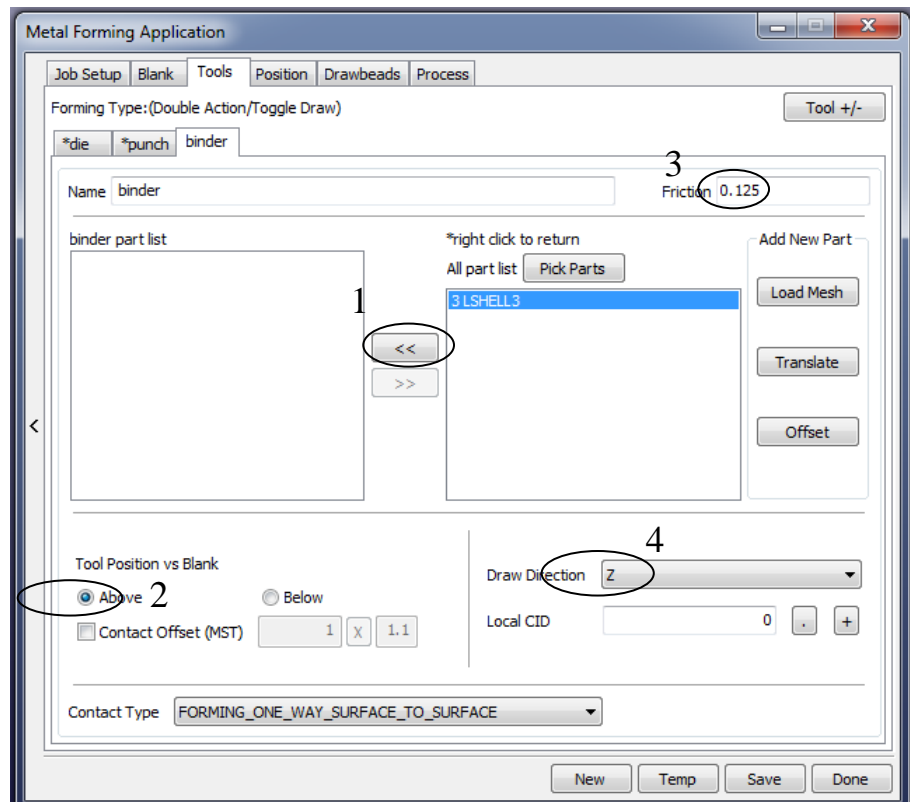


Рисунок 5.10 – Выбор прижима

5. Для избегания нарушения позиционирования детали в пункте Position необходимо выбрать размещение инструмента по оси Z (положение 1 рис. 5.11), а также кликнуть на пункт AutoPosition (положение 2, рис.12). Функция AutoPosition позволяет автоматически спозиционировать все части в пространстве.

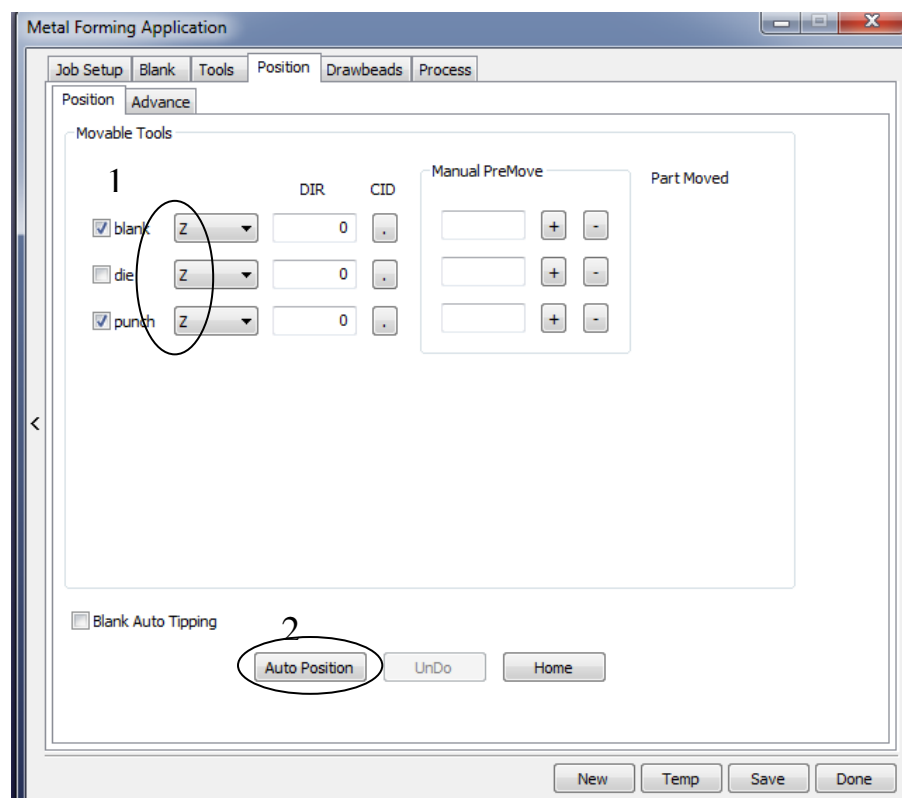


Рисунок 5.11 – Расположение инструмента

6. В разделе Process выбираем пункт (drawing) для определения процесса гибки (положение 1 рис. 5.12).

В разделе Process выставляются такие установки как:

- а) Во избежание ненужного перемещения матрицы ее необходимо зафиксировать в неподвижном состоянии (stationary), (положение 2, рис. 5.12);

- б) Для передвижения пуансона к матрице необходимо установить конкретную скорость (положение 3, рис. 5.12);
- в) Усилие необходимое для действия прижима на заготовку выставляется в пункте (force). В данном случае это усилие будет равно 61000 кг. (положение 4, рис. 5.12).

После последовательного выполнения вышеуказанных пунктов процесс необходимо сохранить в файл, под названием (isform). (положение 5, рис. 5.12)

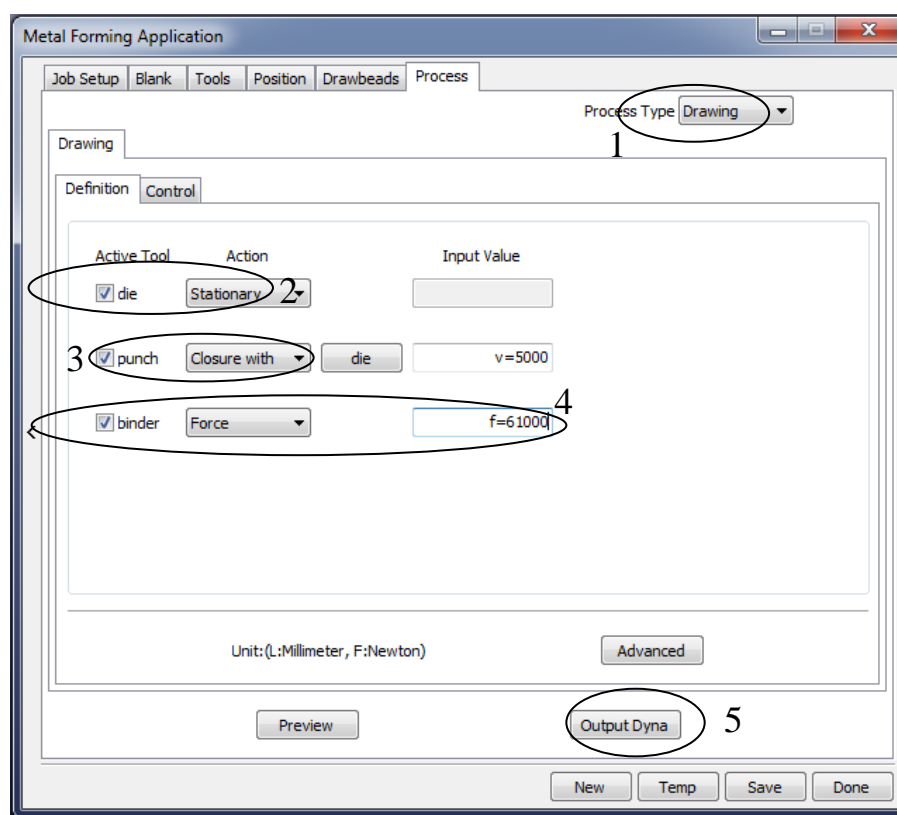


Рисунок 5.12 – Процесс операции

7. Результат моделирования процесса гибки в LSdyna получаем после перемещения файла (isform) в программный продукт LSdynaManager, которая выполняет расчет процесса гибки. Для анализа посчитанного результата открываем файл, под названием (3dplot) в программном продукте Lsrepost. Полученные результаты:

- утонения в процентах (рис. 5.13);
- условия пластичности Мизеса (рис. 5.14);
- FLD- диаграммы (рис. 5.15).

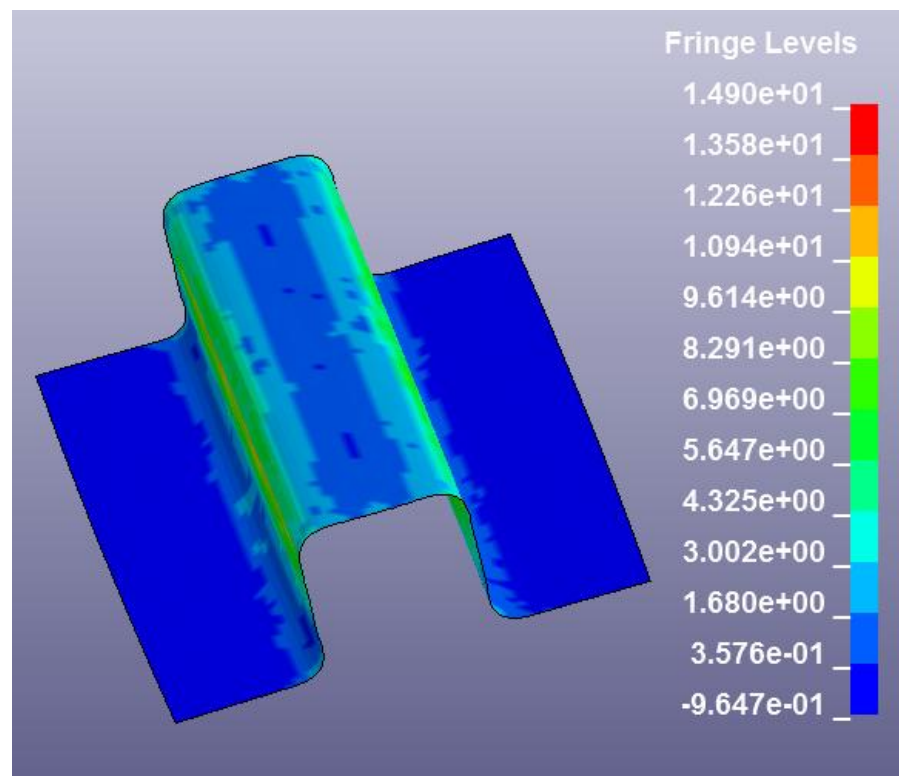


Рисунок 5.13 – Утонение в процентах

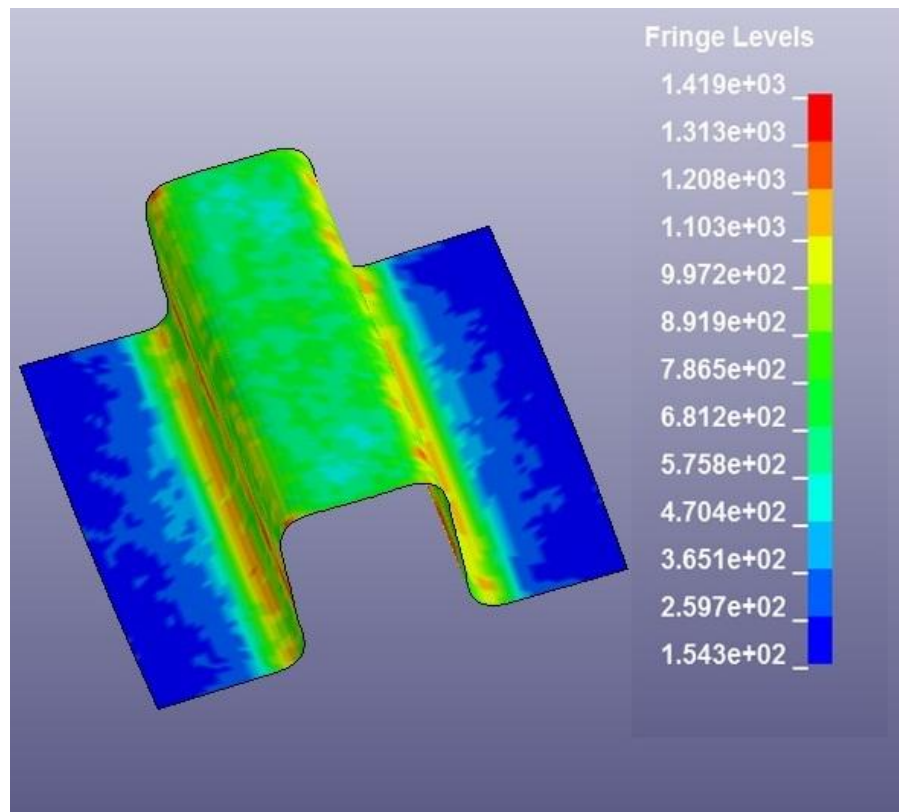


Рисунок 5.14 – Условие пластичности Мизеса

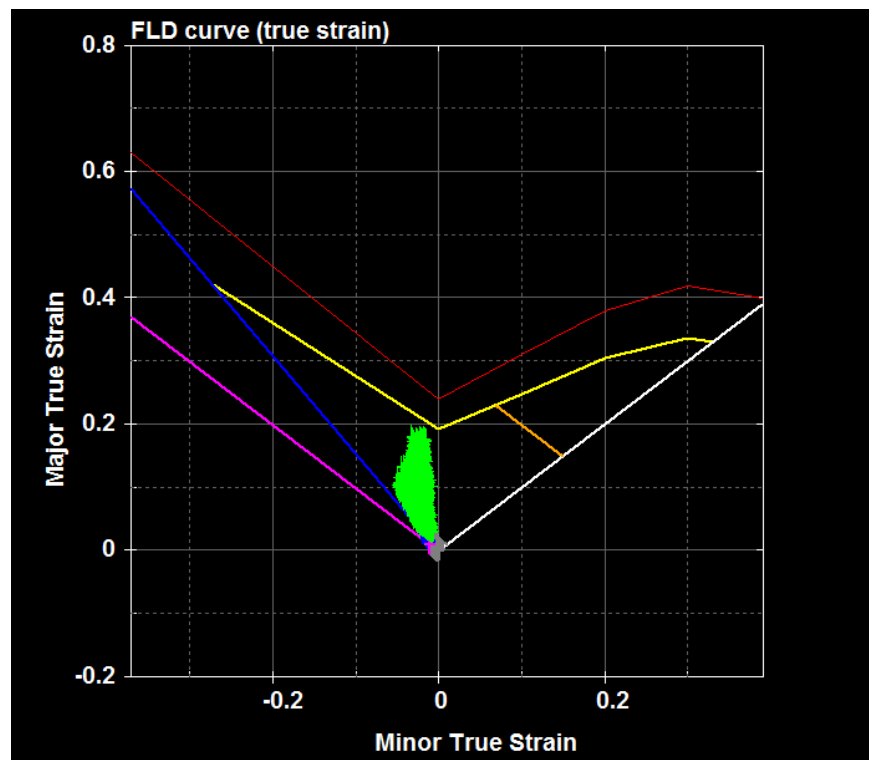


Рисунок 5.15– FLD-диаграмма

Из моделирования процесса гибки в LSdyna, по полученным результатам, можно сделать соответствующий вывод о том, что разрывы в модели отсутствуют, следовательно заготовку, выбранную для процесса гибки можно использовать для изготовления рассматриваемой детали.

## 6. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

### 6.1. Технологическая характеристика объекта

Таблица 6.1 – Техпаспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция	Название должности сотрудника, производящего операции	Оборудование для выполнения операций	Материал металла
1.	Производство изделия «Пластина закладная облицовки двери автомобиля»	Вырезка пазов, гибка предварительная, гибка окончательная, просечка отверстия, развальцовка, разделение	Штамповщик	Кривошипный пресс КД2328	Сталь 0.8 КП

### 6.2. Идентификация производственно-технологических и эксплуатационных профессиональных рисков

Таблица 6.2 – «Идентификация профессиональных рисков» [3].

№п/п	Эксплуатационно-технологическая операция, характер осуществляемых работ	Опасные и /или вредоносные промышленные условия	Источник возникновения опасного и / или вредоносного промышленного условия
1	Работа прессы КД2328	«Физический-повышенный уровень вибрации» [3]	«Силовое (прессовое) оборудование. Штамповочные операции» [3]

Продолжение таблицы 6.2

2	«Погрузочные, транспортные, разгрузочные работы» [3]	«Производственный травматизм» [3]	«Прессовое оборудование, механизмы и устройства прессы и штампов, их незащищенные подвижные части. Транспорт» [3]
3	«Перемещение подвижных частей оборудования и штамповой оснастки» [3]	«Химический-токсическое воздействие» [3]	«Смазка подвижных частей оборудования, штамповой оснастки и заготовок» [3].

6.3. Методы и технические средства снижения профессиональных рисков

Таблица 6.3—«Организационно-технические методы и технические средства (технические устройства) устранения (снижения) негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов (как уже реализованных в базовом исходном состоянии, так и дополнительно или альтернативно предлагаемых бакалавром для реализации в рамках выпускной квалификационной работы)» [3].

№ п/п	«Опасный и / или вредный производственный фактор» [3]	«Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и / или вредного производственного фактора» [3]	«Средства индивидуальной защиты работника» [3]
-------	---	--	--



Продолжение таблицы 6.3

1	«Повышенный уровень вибрации» [3]	«Регламентированный режим работы, изменение в конструкции фундамента, прогрессивное оборудование, виброизоляция» [3]	-
2	«Повышенный уровень шума» [3]	«Смазка трущихся частей оборудования и штампа, средства индивидуальной защиты, использования прогрессивного оборудования, герметизация источника шума» [3]	«Ушные вкладыши (беруши), наушники» [3]
3	«Производственный травматизм» [3]	«Инструктаж по техники безопасности, автоматизация и механизация, изоляция токоведущих частей, и расположение их на недоступной высоте, Ограждения штамповочного пространства пресса - фотоэлементами, останавливающими пресс в случае пересечения каким-либо предметом светового луча, механической решеткой, переносным пультом включения муфты и тормоза пресса, кнопки аварийного останова на пульте управления загрузчиком, встроенная предохранительная муфта отключает автоматическую линию в случае заклинивании грейферной подачи» [3]	«Спецкостюмы, состоящие из хлопчатобумажных брюк и куртки, ботинки на утолщенной подошве, защитные рукавицы» [3].

Продолжение таблицы 6.3

4	«Токсическое воздействие» [3]	Контроль концентрации токсических веществ. По окончании рабочей смены снять спецодежду, умыться, вымыть руки с мылом или принять душ.	«Респираторы, маски» [3]
---	-------------------------------	---	--------------------------

6.4. Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Таблица 6.4 – «Идентификация классов и опасных факторов пожара» [3].

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	«Опасные факторы пожара» [3]	«Сопутствующие проявления факторов пожара» [3]
1	Механизированный участок штамповки	Кривошипный пресс КД2328	В, Е	«Пламя и искры; повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода, снижение видимости в дыму (в задымленных зонах)» [3]	«Вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества» [3]

Таблица 6.5 - «Технические средства обеспечения пожарной безопасности» [3].

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Огнетушитель	Пожарный автомобиль	Водяные установки и системы пожаротушения	Дымовые датчики	Пожарные рукава	Противогазы	Пожарные багры	Оповещатели о пожаре (звуковые, речевые)
Песок	Пожарные мотопомпы	Газовые установки и системы пожаротушения	Тепловые датчики	Пожарный инвентарь	Носилки	Пожарные топоры	Световые указатели "ВЫХОД"
Кошма	Приспособленные спец. средства (тягачи, прицепы)	Порошковые установки и системы пожаротушения	Приемные контрольные приборы	Колонка пожарная	Защитные костюмы	Лопаты штыковые	Ручные пожарные извещатели

Таблица 6.6 – «Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» [3].

«Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта» [3]	«Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий» [3]	«Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [3]
Листовая штамповка деталей	«Обучение персонала требования ПБ; соблюдение техники безопасности; соблюдение последовательности алгоритма технологического процесса; наличие средств пожаротушения; своевременная уборка промасленной ветоши с рабочего места; ограничение взрывоопасных материалов и компонентов на рабочем месте; хранение взрывоопасных материалов и компонентов в соответствии с требованиями ПБ» [3]	«Квалифицированный персонал; обеспечение защиты помещений системами обнаружения пожара; оповещения и эвакуации; наличие систем пожаротушения» [3]

## 6.5. Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Таблица 6.7 – «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта» [3]

«Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса» [3]	«Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.» [3]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в воздушную окружающую среду)» [3]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)» [3]	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра, образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)» [3]
	Кривошипный пресс КД2328	«Интенсивное выделение вредных испарений, газов отработанной смазки, масла и скопление пыли» [3]	«Утилизация промасленной ветоши, использованных смазочных материалов, при замене масла в технологических агрегатах и ряде подобных случаев» [3]	-

Таблица 6.8 – «Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду» [3].

«Наименование технического объекта» [3]	Листовая штамповка
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу» [3]	«Использование вытяжной вентиляции с системой очистки воздуха» [3]
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу» [3]	«Повышенный контроль за процессом утилизации использованных технологических материалов, сбор, сдача, размещение отходов производства по договорам, организациям имеющим лицензии на работу с отходами» [3].
«Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу» [3]	Повышенный контроль за процессом утилизации использованных технологических материалов, сбор, сдача, размещение отходов производства по договорам, организациям имеющим лицензии на работу с отходами» [3].

## 7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 7.1. Сравнительный анализ технологических вариантов

В данном разделе ВКР выполняется экономический анализ существующего (известного) и проектного варианта изготовления изделия «Пластина закладная облицовки двери автомобиля». Для получения заготовки в существующем процессе производят резку листа металла на гильотинных ножницах. Последующие операции гибка, просечка отверстий и их развальцовка осуществляются на кривошипных прессах КД2322, КД2324, КД2326. Для проектного технологического процесса был выбран другой кривошипный пресс с большим усилием КД2328. Экономия в проектном варианте происходит за счет автоматизации процесса и рационального использования материала.

#### Расчетные данные

1. Эффективный фонд времени работы оборудования (7.1):

$$\Phi_{\text{Э}} = D_{\text{раб}} \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{пред}} \cdot T_{\text{сокр}} \cdot S \cdot (1 - k_{\text{р.п}}), \quad (7.1)$$

где  $D_{\text{раб}}$  – рабочие дни;

$T_{\text{см}}$  – продолжительность смены;

$D_{\text{пред}}$  – предпраздничные дни;

$T_{\text{сокр}}$  – сокращение в предпраздничный день;

$S$  – количество смен;

$k_{\text{р.п}}$  – коэффициент, учитывающий время на ремонт оборудования.

$$\Phi_{\text{Э}} = 247 \cdot 8 - 5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot (1 - 0,05) = 3745 \text{ ч.}$$

2. Эффективный фонд времени рабочего (7.2):

$$\Phi_{\text{Э.р.}} = 30\% \cdot \Phi_{\text{Э}}, \quad (7.2)$$

где  $\Phi_{\text{Э}}$  – эффективный фонд времени работы оборудования.

$$\Phi_{\text{Э.р.}} = 30\% \cdot 3745 = 1124 \text{ ч.}$$

7.2. Определение необходимого числа оборудования, коэффициента его загрузки, численность рабочих-операторов и необходимое число штамповой оснастки

Таблица 7.1 – Общие исходные данные

№	Показатели	Обозначение	Значение	
1.	Годовая программа выпуска, шт.	$N_{г}$	250000	
2.	Эффективный фонд времени работы, час: - оборудования - рабочего	$\Phi_{э}$	3745	
		$\Phi_{э.р.}$	1124	
3.	Коэффициент выполнения норм	$K_{вн}$	1,1	
4.	Коэффициент многостаночного обслуживания	$K_{мн}$	1,0	
5.	Коэффициент потерь времени на отпуск работников, %	$K_{о}$	11,8	
6.	Коэффициент монтажа: - в расчете себестоимости - в расчете капитальных вложениях	$K_{монт}$	1,1	
			0,1	
7.	Цена материала, руб./кг.	$C_{м}$	25	
8.	Цена отходов (металл), руб./кг	$C_{отх}$	7,52	
9.	Масса заготовки, кг.	$M_{з}$	0,012	0,012
10.	Масса отходов, кг.	$M_{отх}$	0,0008	0,002
11.	Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{тз}$	1,014	
12.	Коэффициенты доплат по заработной плате (от 3 до 5 разряда):			
А)	До часового фонда зарплаты	$K_{доп}$	1,08	
Б)	За профессиональное мастерство	$K_{пф}$	1,16	
В)	За условия труда	$K_{у}$	1,12	
Г)	За вечерние и ночные часы	$K_{н}$	1,2	
Д)	Премияльные	$K_{пр}$	1,1	
Е)	На социальные нужды	$K_{с}$	1,262	
	Итого общий коэффициент доплат $K_{зпл} = K_{д} \cdot K_{пф} \cdot K_{у} \cdot K_{н} \cdot K_{пр} \cdot K_{с}$	$K_{зпл}$	6,922	
13.	Коэффициент загрузки оборудования по мощности	$K_{м}$	0,8	
14.	Коэффициент загрузки оборудования по времени	$K_{в}$	0,7	
15.	Коэффициент потерь в сети	$K_{п}$	1,03	
16.	Коэффициент одновременной работы электродвигателей	$K_{од}$	0,8	



Продолжение таблицы 7.1

17.	Выручка от реализации, %:от Ц: - изношенного оборудования - изношенного штампа	Вр Вр.и.	5 15
18.	Норма амортизации, %	На	6
19.	Коэффициент общепроизводственных (цеховых) расходов	К <sub>ЦЕХ</sub>	1,72
20.	Часовая тарифная ставка, руб./час: - 3 разряд рабочего - 5 разряд наладчика	С <sub>Т</sub> С <sub>Т</sub>	66,71 79,89
21.	Цена электроэнергии, руб./кВт	Ц <sub>э</sub>	2,435
22.	Цена площади, руб./м <sup>2</sup>	Ц <sub>пл</sub>	4500
23.	Норматив экономической эффективности	Е <sub>н</sub>	0,33

Таблица 7.2 – Эксплуатационные данные оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Усилие, МН	Норма времени, мин.		Мощность М <sub>у</sub> , кВт	Площадь S <sub>у</sub> , м <sup>2</sup>	Цена, руб.
			t <sub>шт</sub>	t <sub>МАШ</sub>			
	Существующий вариант						
1	Гильотинные ножницы		0.032	0.02	8	6	120000
2	КД-2322	0.16	0.010	0.008	2.5	1.2	480000
3	КД-2324	0.25	0.020	0.019	3.5	1.6	550000
4	КД-2326	0.40	0.030	0.025	4.5	2.4	730000
	Проектный вариант						
1	КД-2328	0.63	0.060	0,055	8.5	2.7	950000

Таблица 7.3 – Исходные данные о штамповой оснастке

№	Наименование штампа	Стойкость штампа Т <sub>и.шт.</sub> , ударов	Цена штампа Ц <sub>шт</sub> , руб.
	Существующий вариант		
1	Штамп для гибки	900000	880000
2	Штамп для просечки (пробивки)	300000	720000
3	Штамп для отбортовки(развальцовки)	300000	550000
	Проектный вариант		
1	Последовательный штамп	900000	2100000

Расчет необходимого количества оборудования, коэффициентов загрузки, численности рабочих-операторов и штамповой оснастки.

Таблица 7.4 – Расчет необходимого количества оборудования, коэффициентов загрузки, численности рабочих-операторов и штамповой оснастки

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Существующий	Проектный
1	Количество оборудования, необходимое для производства годовой программы выпуска, шт.	$n_{об} = t_{шт} \times N_{Г} / (\Phi_{Э} \times K_{ВН} \times 60)$ $n_{об}^{изв1} = 0,032 \times 200000 / (3809 \times 1,1 \times 60) = 0,02 \approx 1$ $n_{об}^{изв2} = 0,010 \times 250000 \times (3745 \times 1,1 \times 60) = 0,01 \approx 1$ $n_{об}^{изв3} = 0,020 \times 250000 \times (3745 \times 1,1 \times 60) = 0,023 \approx 1$ $n_{об}^{изв4} = 0,030 \times 250000 \times (3745 \times 1,1 \times 60) = 0,031 \approx 1$ $n_{об}^{ул1} = 0,060 \times 250000 \times (3745 \times 1,1 \times 60) = 0,054 \approx 1$	1	1
2	Коэффициент загрузки оборудования выполнением данной операции	$K_3 = n_{об}^{Расч} / n_{об}^{Прин.}$ $K_3^{изв1} = 0,02 / 1 = 0,02$ $K_3^{изв2} = 0,01 / 1 = 0,01$ $K_3^{изв3} = 0,023 / 1 = 0,023$ $K_3^{изв4} = 0,031 / 1 = 0,031$ $K_3^{ул1} = 0,060 / 1 = 0,060$	0,02 0,01 0,023 0,031	0,060
3	Численность рабочих-операторов, необходимых для производства годовой программы деталей, чел.	$R_{оп} = [t_{шт} \times N_{Г} \cdot (1 + K_0 / 100)] / (\Phi_{Эр} \times K_{МН} \times 60)$ $R_{оп}^{изв1} = (0,032 \times 250000 \times (1 + 11,8 / 100)) / (1124 \times 1 \times 60) = 0,13 \times 1 оп \times 2 см$ $R_{оп}^{изв2} = (0,010 \times 250000 \times (1 + 11,8 / 100)) / (1124 \times 1 \times 60) = 0,04 \times 1 оп \times 2 см$ $R_{оп}^{изв3} = (0,020 \times 250000 \times (1 + 11,8 / 100)) / (1124 \times 1 \times 60) = 0,08 \times 1 оп \times 2 см$ $R_{оп}^{изв4} = (0,030 \times 250000 \times (1 + 11,8 / 100)) / (1124 \times 1 \times 60) = 0,25 \times 1 оп \times 2 см$ $R_{оп}^{ул1} = (0,060 \times 250000 \times (1 + 11,8 / 100)) / (1124 \times 1 \times 60) = 0,065 \times 1 оп \times 2 см$	2 2 2 2	2
4	Число штампов для выпуска годовой программы, шт.	$n_{штамп} = N_{Г} / T_{и.шт.}$ $n_{штамп}^{изв1} = 250000 / 900000 = 0,27 \approx 1$ $n_{штамп}^{изв2} = 250000 / 300000 = 0,83 \approx 1$ $n_{штамп}^{изв3} = 250000 / 300000 = 0,83 \approx 1$ $n_{штамп}^{ул1} = 250000 / 900000 = 0,27 \approx 1$	1	1

### 7.3. Расчет капитальных вложений

Таблица 7.5 – Расчет капитальных вложений

№	Показатели	Расчетные формулы и расчет	Значение показателя	
			Существующий	Проектный
1	Прямые капитальные вложения в оборудование, руб.	$K_{\text{ОБ}} = n_{\text{ОБ}} \times C_{\text{ОБ}} \times K_3$ $K_{\text{ОБ}}^{\text{изв1}} = 1 \times 120000 \times 0,02$ $K_{\text{ОБ}}^{\text{изв2}} = 1 \times 480000 \times 0,01$ $K_{\text{ОБ}}^{\text{изв3}} = 1 \times 550000 \times 0,023$ $K_{\text{ОБ}}^{\text{изв4}} = 1 \times 730000 \times 0,031$ $K_{\text{ОБ}}^{\text{ул}} = 1 \times 2100000 \times 0,060$	24000 48000 53160 82640	126000
2	Сопутствующие капитальные вложения, руб.:			
А.	Затраты на доставку и монтаж оборудования, руб.	$K_{\text{М}} = K_{\text{ОБ}} \times K_{\text{МОНТ}}$ $K_{\text{М}}^{\text{изв1}} = 24000 \times 0,1$ $K_{\text{М}}^{\text{изв2}} = 48000 \times 0,1$ $K_{\text{М}}^{\text{изв3}} = 53160 \times 0,1$ $K_{\text{М}}^{\text{изв4}} = 82640 \times 0,1$ $K_{\text{М}}^{\text{ул}} = 126000 \times 0,1$	2400 4800 5316 8264	12600
Б.	Затраты на штамповую оснастку, руб.	$K_{\text{И}} = C_{\text{ШТ}} \times n_{\text{ШТ}}$ $K_{\text{И}}^{\text{изв}} = 880000 \times 1 + 720000 \times 1 + 550000 \times 1$ $K_{\text{И}}^{\text{ул}} = 2100000 \times 1$	215000 0	210000 0
В.	Затраты на производственную площадь, руб.	$K_{\text{ПЛ}} = n_{\text{ОБ}} \times S_{\text{у}} \times C_{\text{ПЛ}} \times K_3$ $K_{\text{ПЛ}}^{\text{изв1}} = 1 \times 6 \times 4500 \times 0,02$ $K_{\text{ПЛ}}^{\text{изв2}} = 1 \times 1,2 \times 4500 \times 0,01$ $K_{\text{ПЛ}}^{\text{изв3}} = 1 \times 1,6 \times 4500 \times 0,023$ $K_{\text{ПЛ}}^{\text{изв4}} = 1 \times 2,4 \times 4500 \times 0,031$ $K_{\text{ПЛ}}^{\text{ул}} = 1 \times 2,7 \times 4500 \times 0,060$	540 54 167 335	730
	Итого	$K_{\text{СОП}} = K_{\text{М}} + K_{\text{И}} + K_{\text{ПЛ}}$ $K_{\text{СОП}}^{\text{изв}} = 207803 + 2150000 + 1096$ $K_{\text{СОП}}^{\text{ул}} = 12600 + 2100000 + 730$	235889 9	211333 0
3	Общие капитальные вложения, руб.	$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ОБ}} + K_{\text{СОП}}$ $K_{\text{ОБЩ}}^{\text{изв}} = 186200 + 2358899$ $K_{\text{ОБЩ}}^{\text{ул}} = 126000 + 2113330$	254509 9	223933 0
4	Удельные капвложения, руб.	$K_{\text{УД}} = K_{\text{ОБЩ}} / N_{\Gamma}$ $K_{\text{УД}}^{\text{сущ}} = 2545099 / 250000$ $= 10,2$ $K_{\text{УД}}^{\text{пр}} = 2239330 / 250000 = 8,9$	10.2	8.9

#### 7.4. Расчет себестоимости продукции по сравниваемым вариантам

Таблица 7.6 – Расчет себестоимости продукции по сравниваемым вариантам

№	Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
			Существующий	Проектный
1	Материальные затраты, руб.	$M = (M_3 \times \Pi_M \times K_{T3}) - (M_{OTX} \times \Pi_{OTX})$ $M_{изв} = (0,012 \times 25 \times 1,014) - (0,0008 \times 7,52)$ $M_{ул} = (0,012 \times 25 \times 1,014) - (0,002 \times 7,52)$	0.298	0.189
2	Зарплата рабочих-операторов, руб.	$Z_{ПЛ} = P \times C_T \times \Phi_{ЭР} \times K_{ЗПЛ} \times K_3 / N_{Г}$ $Z_{изв_{пл}} = 8 \times 79,89 \times 1124 \times 6,922 \times 0,084 / 250000$ $Z_{ул_{пл}} = 2 \times 79,86 \times 1124 \times 6,922 \times 0,060 / 250000$	1.678	1.258
3	Затраты на амортизацию и эксплуатацию оборудования, руб.	$P_A = [(\Pi_{ОБ} \times (1 - B_p)) \times H_A \times t_{шт} \times 1,3] / (\Phi_{Э} \times K_{ВН} \times 60 \times 100)$ $P_{изв^1_A} = [(120000 \times (1 - 0,05)) \times 6 \times 0,032 \times 1,3] / (3745 \times 1,1 \times 60 \times 100)$ $P_{изв^2_A} = [(480000 \times (1 - 0,05)) \times 6 \times 0,010 \times 1,3] / (3745 \times 1,1 \times 60 \times 100)$ $P_{изв^3_A} = [(550000 \times (1 - 0,05)) \times 6 \times 0,020 \times 1,3] / (3745 \times 1,1 \times 60 \times 100)$ $P_{изв^4_A} = [(730000 \times (1 - 0,05)) \times 6 \times 0,030 \times 1,3] / (3745 \times 1,1 \times 60 \times 100)$ $P_{ул_A} = [(950000 \times (1 - 0,05)) \times 6 \times 0,060 \times 1,3] / (3745 \times 1,1 \times 60 \times 100)$	0.001  0.032  0.044  0.088	0.122

Продолжение таблицы 7.6

4	Расходы на электроэнергию, руб.	$P_{\text{Э}} = (M_{\text{у}} \times t_{\text{МАШ}} \times K_{\text{ОД}} \times K_{\text{М}} \times K_{\text{В}} \times K_{\text{П}} \times \Pi_{\text{Э}}) / (K_{\text{ПД}} \times 60)$ $P_{\text{Э}}^{\text{изв1}} = (6 \times 0,02 \times 0,9 \times 0,8 \times 0,7 \times 1,03 \times 2,435) / (0,88 \times 60)$ $P_{\text{Э}}^{\text{изв2}} = (1,2 \times 0,008 \times 0,9 \times 0,8 \times 0,7 \times 1,03 \times 2,435) / (0,88 \times 60)$ $P_{\text{Э}}^{\text{изв3}} = (1,6 \times 0,019 \times 0,9 \times 0,8 \times 0,7 \times 1,03 \times 2,435) / (0,88 \times 60)$ $P_{\text{Э}}^{\text{изв4}} = (2,4 \times 0,025 \times 0,9 \times 0,8 \times 0,7 \times 1,03 \times 2,435) / (0,88 \times 60)$ $P_{\text{Э}}^{\text{ул}} = (2,7 \times 0,055 \times 0,9 \times 0,8 \times 0,7 \times 1,03 \times 2,435) / (0,88 \times 60)$	<p>0.023</p> <p>0.005</p> <p>0.007</p> <p>0.009</p>	0.013
5	Затраты на амортизацию штамповый инструмент, руб.	$P_{\text{И}} = (\Pi_{\text{ШТ}} \cdot [1 - B_{\text{р.и.}}]) / T_{\text{и. шт.}}$ $P_{\text{И}} = (880000 \times [1 - 0,15]) / 900000$ $P_{\text{И}} = (720000 \times [1 - 0,15]) / 300000$ $P_{\text{И}} = (550000 \times [1 - 0,15]) / 300000$ $P_{\text{И}} = (2100000 \times [1 - 0,15]) / 900000$	5.86	2.21
6	Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей, руб.	$P_{\text{ПЛ}} = S_{\text{у}} \times n_{\text{ОБ}} \times \Pi_{\text{ПЛ}} \times K_{\text{З}} / N_{\text{Г}}$ $P_{\text{ПЛ}} = 6 \times 1 \times 4500 \times 0,02 / 250000$ $P_{\text{ПЛ}} = 1,2 \times 1 \times 4500 \times 0,008 / 250000$ $P_{\text{ПЛ}} = 1,6 \times 1 \times 4500 \times 0,019 / 250000$ $P_{\text{ПЛ}} = 2,4 \times 1 \times 4500 \times 0,025 / 250000$ $P_{\text{ПЛ}} = 2,7 \times 1 \times 4500 \times 0,060 / 250000$	0,057	0,023
7	Зарплату наладчика, руб.	$Z_{\text{НАЛ}} = (n_{\text{ОБ}} \times C_{\text{Т}} \times \Phi_{\text{ЭР}} \times K_{\text{ЗПЛ}} \times K_{\text{З}}) / (n_{\text{ОБСЛ}} \times N_{\text{Г}})$ $Z_{\text{НАЛ}}^{\text{изв}} = (1 \times 79,89 \times 1124 \times 6,922 \times 0,127) / (0,088 \times 250000)$ $Z_{\text{НАЛ}}^{\text{ул}} = (1 \times 79,89 \times 1124 \times 6,922 \times 0,060) / (0,054 \times 250000)$	0,78	0,42
8	Технологическая себестоимость, руб.	$C_{\text{ТЕХ}} = M + Z_{\text{ПЛ}} + P_{\text{А}} + P_{\text{Э}} + P_{\text{И}} + P_{\text{ПЛ}} + Z_{\text{НАЛ}}$	9.07	3.84

Продолжение таблицы 7.6

		$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{сущ}} = 0.298 + 1.678 + 0,165 + 0,23$ $+ 5.86 + 0,057 + 0,78$ $= 9.07$ $C_{\text{ТЕХ}}^{\text{пр}} = 0.189 + 1,258 + 0,122 + 0,013$ $+ 2,21 + 0,023 + 0,42$ $= 465,01$		
9	Общепроизводственные расходы, руб.	$P_{\text{ЦЕХ}} = Z_{\text{ПЛ}} \times K_{\text{ЦЕХ}}$ $P_{\text{цех}}^{\text{сущ}} = 1,678 \cdot 1,72 = 2.88$ $P_{\text{цех}}^{\text{сущ}} = 1,258 \cdot 1,72 = 2,16$	2.88	2.16
10	Общепроизводственная (цеховая) себестоимость, руб.	$C_{\text{ЦЕХ}} = P_{\text{ЦЕХ}} + C_{\text{ТЕХ}}$ $C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{сущ}} = 2.88 + 9.07 = 501,23$ $C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{пр}} = 2.16 + 3.84 = 465,54$	11.95	6

7.5. Расчет показателей экономической эффективности проектного варианта

Таблица 7.7 – Экономическая эффективность

Показатель	Расчет и формула	Значение показателя	
Условно годовая экономия от снижения себестоимости, руб.	$\mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{пех}}^{\text{сущ}} - C_{\text{цех}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\text{г}}$ $\mathcal{E}_{\text{уг}} = 11.95 - 6 \cdot 250000$ $= 1487500$	1487500	
Переведенные затраты, руб.	$Z_{\text{пр}} = C_{\text{цех}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}$ $Z_{\text{пер}}^{\text{сущ}} = 11.98 + 0,33 \cdot 10,2$ $= 506,31$ $Z_{\text{пер}}^{\text{пр}} = 6 + 0,33 \cdot 8,9$ $= 470,52$	15.345	8.937
Годовой экономический эффект, руб.	$\mathcal{E}_{\text{г}} = (Z_{\text{пер}}^{\text{сущ}} - Z_{\text{пер}}^{\text{пр}}) \cdot N_{\text{г}}$ $\mathcal{E}_{\text{г}} = 15.345 - 8.937$ $\cdot 250000$ $= 1602000$	2147400	
Срок окупаемости кап.вложений, год	$T_{\text{ок}} = K_{\text{и}}^{\text{пр}} / \mathcal{E}_{\text{уг}}$ $T_{\text{ок}} = \frac{2100000}{1602000} = 0,42 \approx 1$	1.3	

#### Вывод:

В результате использования улучшенного технологического процесса производства детали «Пластина закладная облицовки двери автомобиля» себестоимость детали снизилась с 11.95 рублей до 6 рублей, то есть на 5.95 рублей (49%) за счет: изменения положения детали в ленте, что дает экономию в материале, и перевода производства на автоматическую штамповку.

Годовой экономический эффект от использования улучшенного технологического процесса составит 2147400 рублей, при окупаемости штамповой оснастки в течении трех лет.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этой выпускной квалификационной работе произведен перевод изготовления детали “Пластина закладная облицовки двери автомобиля” на автоматическую линию и придуман новый (усовершенствованный) технологический процесс.

Для усовершенствованного технологического процесса осуществлена подборка необходимого оборудования, а так же выбрано средство автоматизирования.

Произведены арифметические расчеты на определение как конструкторских, так и прочностных параметров.

Программный продукт NX позволил смоделировать инструменты для получения готовой детали, а так же саму деталь. Для проведения расчета процесса гибка вышеупомянутые модели были загружены в LSdDYNAMANAGER. Результатом этих расчетов послужили: утонение в процентном соотношении, условие Мизеса (пластичность) и ФЛД-диаграммы, что позволило сделать вывод о отсутствии возможных разрывов в модели детали.

В ВКР изложена информация об анализе опасных факторов, которые могут иметь место на участке производства.

Выведен экономический эффект и вычислена себестоимость детали.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аверкиев, Ю.А. Технология холодной штамповки: учебник для вузов / Ю.А. Аверкиев, А.Ю. Аверкиев. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.
2. Александрова, Н.В. Организация производства и менеджмент: методические указания к выполнению курсовой работы / Н.В. Александрова. – Тольятти: ТГУ, 2007. – 32 с.
3. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» [Текст]: учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. - Тольятти: ТГУ, 2016. – 51 с.
4. Горина, Л.Н. Инженерные расчеты уровней опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах: методическое пособие / Л.Н. Горина, В.Е. Ульянова, М.И. Фесина. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 194 с.
5. Зубцов, М.Е. Листовая штамповка / М.Е. Зубцов. – М.: Машиностроение, 1967. – 504 с.
6. Ковка и объемная штамповка стали: справочник в 2-х т. / под ред. М.В. Сторожева. – М.: Машиностроение, 1967. –Т. I. – 436 с; Т. II. – 448 с.
7. Краснопевцева, И.В. Экономика машиностроительного производства [Текст]: учеб.-метод. пособие / И.В. Краснопевцева. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 148 с.
8. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение, 1979. – 568 с.
9. Сторожев, М.В. Теоретические основы обработки металлов давлением / М.В. Сторожев. – М.: Металлургия, 1977. – 423 с.
10. LS-DYNA KEYWORD USER'S MANUAL VOLUME II March 2001
11. Смолин, Е.Л. Основы конструирования штамповой оснастки : учебное пособие для студентов заочной формы обучения / Е.Л. Смолин. – Тольятти : ТГУ, 2007. – 72 с.

12. Константинов, И.Л. Основы технологических процессов обработки металлов давлением [Электронный ресурс] : учебник / И. Л. Константинов, С. Б. Сидельников. - 2-е изд., стер. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 488 с. : ил. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011541-2.
13. Скрипачев, А. В. Вытяжка листового материала [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / А. В. Скрипачев ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2016. - 51 с. : ил. - Библиогр.: с. 45. - Прил.: с. 46-51. - ISBN 978-5-8259-0966-0.
14. Рудман, Л. И. Справочник по оборудованию для листовой штамповки / Л.И. Рудман, А.И. Зайчук, В.Л. Марченко и др.; Под общ. ред. Л.И. Рудмана.-К.: Техника, 1989.-231 с.- ISBN 5-335-00183-6
15. Дурандин, М. М. Штампы для холодной штамповки мелких деталей. Альбом конструкций и схем / М. М. Дурандин. – М.: Машиностроение, 1978. – 108 с.
16. Blister, W. Institute of Materials Science, Savanoriu//W. Blister, Lithuania SAE Technical Paper 973245 1996 C.
17. Kaunas, J. Faculty of Design and Technologies, University of Technology// J. Kaunas, SAE Technical Paper 980437 1997 C.
18. Keeler, S., Determination of Forming Limits in Automotive Stampings//S. Keeler, SAE Technical Paper 650535, 1965.C.
19. Nakagawa, N. Finite Element Simulation of Stamping a Laser-Welded Blank / N. Nakagawa, S. Ikura, F. Natsumi, N. Iwata // SAE Technical Paper. № 930522, 1993. – С.
20. Nakamachi, E. Wagoner, R., Development of FEM for Sheet Metal Stamping//E. Nakamachi, R. Wagoner, SAE Technical Paper 880528, 1988.C.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
<u>Документация</u>						
			17.БР.СОМДиРП.575.61.00.000СБ	Сборочный чертеж		
<u>Детали</u>						
		1	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.001	Скоба	1	HRC 59-63
		2	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.002	Верхняя плита	1	
		3	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.003	Подкладка держатель Сталь 40Х	1	HRC 42-46
		4	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.004	Пцансон вырезной Сталь Х12МФ	1	HRC 58-62
		5	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.005	Держатель пцансона Сталь 45	1	HВ 241-285
		6	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.006	Фиксатор Сталь 78А	3	HRC 58-62
		7	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.007	Прижим Сталь 19ХГН	1	HRC 59-63
		8	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.008	Пцансон для гибки	1	HRC 58-62
		9	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.009	Прижим-отлипатель	4	
		10	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.0010	Хвостовик Сталь 45	1	HВ 241-285
		11	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.011	Матрица	1	HRC 58-62
		12	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.012	Прижим Сталь 19ХГН	1	HRC 59-63
		13	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.013	Подкладка держатель Сталь 40Х	1	HRC 42-46
		14	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.014	Пцансон для просечки Сталь Х12МФ	1	HRC 58-62
		15	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.015	Держатель пцансона Сталь 45	1	HВ 241-285
		16	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.016	Подкладка держатель Сталь 40Х	1	HRC 42-46
		17	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.017	Держатель пцансона Сталь 45	1	HВ 241-285
		18	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.018	Пцансон Сталь Х12МФ	1	HRC 58-62
		19	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.019	Скоба	1	HRC 59-63
		20	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.020	Лоток	1	
			<b>17.БР.СОМДиРП.575.61.00.000</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Козлов НВ			Лист	Лист
Проб.		Смолин Е.Л			1	3
Н.контр.		Виткалов В.Г			ТГУ ИМ	
Утв.		Ельцов В.В			гр. МСД-1301	
				<b>Последовательный штамп</b>		
				Копировал		Формат А4



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		21	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.021	Матрица Сталь У10А	1	HRC 58-62
		22	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.022	Подкладка матрица Сталь 45	1	HB 241-285
		23	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.023	Фиксатор-разъемник Сталь 45	4	HB 241-285
		24	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.024	Матрица Сталь X12M	1	HRC 241-285
		25	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.025	Подкладка матрица Сталь 45	1	HB 241-285
		26	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.026	Подкладка матрица Сталь 45	1	HB 241-285
		27	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.027	Матрица Сталь X12M	1	HRC 58-62
		28	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.028	Обоюма Сталь 45	6	
		29	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.029	Подкладка матрица Сталь 45	1	HB 241-285
		30	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.030	Матрица Сталь X12M	1	HRC 58-62
		31	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.031	Нижняя плита	1	
		32	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.032	Подкладка матрица Сталь 45	1	HB 241-285
		33	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.033	Крышка	8	
		34	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.034	Матрица Сталь X12M	1	HRC 58-62
		35	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.035	Подставка	4	
		36	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.036	Направляющий ролик Сталь У8А	4	HRC 58-62
		37	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.037	Подкладка	1	
		38	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.038	Пластина прижимная Сталь 65Г	1	HRC 45-50
		39	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.039	Подкладка пуансон	1	
		40	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.040	Подкладка пуансон	1	
		41	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.041	Вставка Сталь 40Х	1	
		42	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.042	Вставка Сталь 40Х	1	
		43	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.043	Ограничитель	1	
		44	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.044	Пуансон развальцовки	1	
		45	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.045	Регулировочная шайба	2	
		46	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.046	Верхняя плита	1	
		47	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.047	Пружина полиуретановая	8	
		48	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.048	Винт ступенчатый Сталь 45	4	HRC 37-42
		49	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.049	Толкатель	4	
		50	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.050	Траверса	1	
		51	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.051	Шайба	12	
		52	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.052	Штырь упорный	4	
Инв. № подл.						
	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	17.БР.СОМДиРП.575.61.00.000
Взам. инв. №						
Инв. № дубл.						
Подп. и дата						
Подп. и дата						
Лист	2					

Копировал

Формат А4

